

В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов

ПРАКТИЧЕСКАЯ МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ



Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України як електронний підручник для студентів
вищих навчальних закладів

Розроблено на замовлення та за
фінансової підтримки
Міністерства освіти і науки України
в рамках Державної програми
«Інформаційні та комунікаційні
технології в освіті і науці» в
2007-2008 роках



Київ—2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Глава 1. Вспомогательная небесная сфера

- 1.1. Определение, основные задачи и краткая история мореходной астрономии
- 1.2. Общая характеристика Вселенной
- 1.3. Общая характеристика планеты Земля
- 1.4. Вспомогательная небесная сфера: основные точки, линии и плоскости

Глава 2. Сферические координаты светил

- 2.1. Общие положения
- 2.2. Горизонтная система сферических координат светил
- 2.3. Первая экваториальная система сферических координат светил
- 2.4. Вторая экваториальная система сферических координат светил
- 2.5. Эклиптическая система сферических координат светил
- 2.6. Изменение сферических координат светил:
 - 2.6.1. Вследствии суточного вращения Земли
 - 2.6.2. Вследствии собственного движения светил по своим орбитам
 - 2.6.3. Вследствии перемещения наблюдателя (судна) по поверхности Земли
 - 2.6.4. Методика построения вспомогательной небесной сферы для широты конкретного наблюдателя и нанесения на нее светил по их координатам
 - 2.6.5. Условия задач для нанесения светил на ВНС и расчета их сферических координат

Глава 3. Видимое движение небесных светил

- 3.1. Видимое суточное движение небесных светил
 - 3.1.1. Общая характеристика суточного движения звезд
 - 3.1.2. Условия восхода и захода небесных светил
 - 3.1.3. Условие прохождения небесного светила через зенит наблюдателя
- 3.2. Особенности видимого суточного движения небесных светил
 - 3.2.1. Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$)
 - 3.2.2. Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ$)
- 3.3. Видимое годовое движение Солнца
 - 3.3.1. Общая характеристика Солнца
 - 3.3.2. Внешние проявления и причины годового движения Солнца
 - 3.3.3. Общие явления, обусловленные годовым движением Солнца
 - 3.3.4. Явления, связанные с движением Солнца для наблюдателей в различных широтах
- 3.4. Собственное движение Луны
 - 3.4.1. Общая характеристика Луны
 - 3.4.2. Характер собственного движения Луны
 - 3.4.3. Фазы Луны и ее возраст
 - 3.4.4. Лунные и солнечные затмения
- 3.5. Собственное движение планет
 - 3.5.1. Общая характеристика планет Солнечной системы
 - 3.5.2. Особенности собственного движения планет

Глава 4. Основы измерения времени

- 4.1. Время и принцип его измерения
 - 4.1.1. Общие положения
 - 4.1.2. Звездное время
 - 4.1.3. Солнечное время
 - 4.1.4. Единицы измерения времени
- 4.2. Системы счета времени
 - 4.2.1. Местное (меридианное) время
 - 4.2.2. Всемирное (гринвичское) время
 - 4.2.3. Поясное время
 - 4.2.4. Декретное, летнее и судовое время
- 4.3. Демаркационная линия времени
- 4.4. Поправки измерителей времени
 - 4.4.1. Методика определения поправки рабочих часов по сравнению с хронометром
 - 4.4.2. Задачи на вычисление поправки часов по сравнению с хронометром
 - 4.4.3. Задачи на вычисление суточного хода хронометра и его поправки
 - 4.4.4. Определение всемирного времени

Глава 5. Морской астрономический ежегодник

- 5.1. Построение и содержание МАЕ
- 5.2. Определение по МАЕ часовых углов и склонений звезд
- 5.3. Определение по МАЕ часовых углов и склонений Солнца
- 5.4. Особенности определения по МАЕ часовых углов и склонений Луны и навигационных планет
 - 5.4.1. Определение по МАЕ часового угла и склонения Луны
 - 5.4.2. Определение по МАЕ часовых углов и склонений навигационных планет
 - 5.4.3. Задачи на вычисление экваториальных координат светил

Глава 6. Параллактический треугольник светила

- 6.1. Основные формулы сферической тригонометрии
 - 6.1.1. Параллактический треугольник светила, его элементы
 - 6.1.2. Основные формулы сферической тригонометрии
- 6.2. Вычисление горизонтных координат светила по таблицам логарифмических функций «Мореходных таблиц (МТ-75)»
- 6.3. Вычисление высот и азимутов светил по таблицам «ТВА-57»
 - 6.3.1. Назначение и устройство таблиц для вычисления высоты и азимута (ТВА-57)
 - 6.3.2. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-57»
 - 6.3.3. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-52»
 - 6.3.4. Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ТВА-57» (ТВА-52)
- 6.4. Вычисление высот и азимутов светил по таблицам «ВАС-58»
 - 6.4.1. Назначение и устройство таблиц «Высоты и азимуты светил (ВАС-58)»
 - 6.4.2. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ВАС-58»
 - 6.4.3. Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ВАС-58» (т. 4)

Глава 7. Определение поправки компаса по небесным светилам. Освещенность морского горизонта

- 7.1. Определение поправки компаса по небесным светилам
 - 7.1.1. Общие положения
 - 7.1.2. Определение поправки компаса по Полярной звезде
 - 7.1.3. Упрощенный способ определения ΔK по Полярной звезде
 - 7.1.4. Определение поправки компаса по видимому восходу (заходу) Солнца с использованием Мореходных таблиц
 - 7.1.5. Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по небесным светилам:
 - по звезде;
 - по Солнцу;
 - по звезде Полярная;
 - по видимому восходу или заходу Солнца
- 7.2. Освещенность морского горизонта
 - 7.2.1. Общие положения
 - 7.2.2. Задачи на вычисление судового времени восхода и захода Солнца

Глава 8. Звездный глобус. Звездное небо

- 8.1. Звездный глобус
 - 8.1.1. Устройство звездного глобуса
 - 8.1.2. Установка звездного глобуса по широте и по звездному местному времени наблюдателя
 - 8.1.3. Определение наименования наблюдавшейся, но визуально неопознанной звезды
 - 8.1.4. Нанесение на звездный глобус навигационных планет
 - 8.1.5. Подбор по звездному глобусу звезд для наблюдений
 - 8.1.6. Определение по звездному глобусу азимута восхода (захода) Солнца
 - 8.1.7. Задачи на опознавание звезд по звездному глобусу
- 8.2. Звездное небо
 - 8.2.1. Классификация звезд
 - 8.2.2. Созвездия и звезды Северного полушария
 - 8.2.3. Созвездия и звезды Южного полушария

Глава 9. Навигационный секстан. Измерение углов и высот светил

- 9.1. Принцип действия, устройство и правила эксплуатации СНО
 - 9.1.1. Краткая история навигационного секстана
 - 9.1.2. Принцип действия навигационного секстана
 - 9.1.3. Устройство и правила эксплуатации навигационного секстана
- 9.2. Выверки навигационного секстана
 - 9.2.1. Проверка параллельности оптической оси зрительной трубы плоскости азимутального лимба
 - 9.2.2. Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба
 - 9.2.3. Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба
- 9.3. Определение поправки индекса навигационного секстана
 - 9.3.1. Общие положения
 - 9.3.2. Определение поправки индекса секстана по звезде
 - 9.3.3. Определение поправки индекса секстана по Солнцу

- 9.3.4. Контроль точности определения поправки индекса секстана по Солнцу
- 9.3.5. Определение поправки индекса секстана по видимому горизонту
- 9.3.6. Задачи на вычисление поправки индекса навигационного секстана по Солнцу
- 9.4. Измерение высот светил и углов навигационным секстаном
 - 9.4.1. Измерение высоты звезды
 - 9.4.2. Измерение высоты нижнего края Солнца
 - 9.4.3. Измерение горизонтального угла между ориентирами
 - 9.4.4. Измерение вертикального угла ориентира

Глава 10. Исправление измеренных высот светил

- 10.1. Исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном
 - 10.1.1. Общие положения
 - 10.1.2. Поправка за наклонение видимого горизонта
 - 10.1.3. Поправка за астрономическую рефракцию
 - 10.1.4. Поправка за параллакс светила
 - 10.1.5. Поправка за видимый полудиаметр светила
 - 10.1.6. Расчет истинных высот светил
 - 10.1.7. Задачи на исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном
- 10.2. Частные способы измерения высот светил навигационным секстаном
 - 10.2.1. Измерение высоты светила способом «через зенит»
 - 10.2.2. Измерение высоты светила «над урезом воды»
 - 10.2.3. Измерение высоты светила «в искусственный горизонт»

Глава 11. Основы определения места судна в море методом высотных линий положения

- 11.1. Навигационная изолиния и линия положения
- 11.2. Круг равных высот (КРВ)
- 11.3. Метод высотных линий положения
 - 11.3.1. Высотная линия положения и ее элементы
 - 11.3.2. Определение обсервованных координат места судна на путевой карте
 - 11.3.3. Расчет обсервованных координат места судна на астрономическом бланке
 - 11.3.4. Правила определения наименования (знака) $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$
 - 11.3.5. Примеры расчета обсервованных координат по элементам ВЛП
 - 11.3.6. Задачи на расчет обсервованных координат места судна по элементам двух высотных линий положения

Глава 12. Определение места судна в море по высотам светил

- 12.1. Общие положения. Обоснование способа
- 12.2. Приведение высот светил к одному зениту
 - 12.2.1. Общие положения
 - 12.2.2. Задачи на вычисление поправки за приведение высот светил к одному (последнему) моменту при определении места судна по высотам двух звезд
- 12.3. Практическое выполнение способа определения места судна в море по высотам двух светил (звезд)
 - 12.3.1. Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам двух звезд
 - 12.3.2. Оценка точности обсервованного (по высотам двух светил) места судна
 - 12.3.3. Задачи на вычисление радиальной (круговой) СКП обсервованного по высотам

двух светил) места судна

- 12.4. Определение места судна в море по высотам Солнца
 - 12.4.1. Обоснование способа
 - 12.4.2. Оценка точности счислимо-обсервованного места судна по Солнцу
 - 12.4.3. Практическое выполнение способа определения места судна по Солнцу
 - 12.4.4. Задачи на вычисление счислимо-обсервованных координат места судна по высотам Солнца
 - 12.4.5. Задачи на вычисление радиальной (круговой) СКП счислимо-обсервованного (по Солнцу) места судна

Глава 13. Определение места судна в море по одновременным наблюдениям 3÷4-х светил

- 13.1. Общие положения
- 13.2. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только систематических погрешностей
- 13.3. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только случайных погрешностей
- 13.4. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии и систематических и случайных погрешностей
- 13.5. Практическое выполнение способа определения места судна в море по высотам трех звезд и оценка точности обсервации
- 13.6. Определение места судна в море по высотам 4-х светил
 - 13.6.1. Примеры нахождения вероятнейшего места судна в фигуре погрешностей
 - 13.6.2. Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам трех звезд при наличии фигуры погрешностей

Глава 14. Частные случаи использования небесных светил для целей судовождения

- 14.1. Определение широты места судна по высоте Полярной звезды
 - 14.1.1. Общие положения
 - 14.1.2. Практическое выполнение способа
 - 14.1.3. Упрощенный способ определения обсервованной широты по высоте Полярной звезды
 - 14.1.4. Задачи на вычисление обсервованной широты по высоте Полярной звезды
- 14.2. Определение широты места судна по меридиональной высоте светила
 - 14.2.1. Общие положения
 - 14.2.2. Практическое выполнение способа
 - 14.2.3. Задачи на вычисление судового времени верхней кульминации Солнца
 - 14.2.4. Задачи на вычисление обсервованной широты места судна по меридиональной высоте Солнца
- 14.3. Особенности определения места судна по Солнцу в тропиках (при $h_{\odot} > 88^{\circ}$)
 - 14.3.1. Общие положения
 - 14.3.2. Практическое выполнение способа

Глоссарий

Приложения

Перечень литературы

Авторы выражают искреннюю благодарность за участие в подготовке к изданию электронных учебников сотрудникам Киевской государственной академии водного транспорта имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, специалистам в области компьютерных технологий: Соколовскому Денису Александровичу, Самойленко Виктории Николаевне, Гойжевскому Александру Васильевичу, Ярославской Софье Борисовне; старшим преподавателям кафедры "Судовождение", выполнившим редактирование электронных текстов учебников: Лахтину Александру Кузьмичу и Тарасову Александру Николаевичу, а также всем сотрудникам академии за их советы и пожелания авторскому коллективу.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и развитие навигационных спутниковых систем во второй половине 20-го века привело к тому, что уже в конце 90-х годов прошлого века произошла их глобализация, появились практически одновременно в США и Российской Федерации глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) «NAVSTAR» («GPS») и «ГЛОНАСС» соответственно. Стало возможным вести высокоточное обсервационное счисление практически в любых районах Мирового океана. Это стало причиной вывода из эксплуатации большинства радионавигационных систем среднего и дальнего радиуса действия, которые к этому времени практически уже выработали свой технический ресурс эксплуатации.

В настоящее время для большинства районов Мирового океана ГНСС стали единственным средством определения места судна в море. Несмотря на высокую точность и достоверность работы ГНСС это в значительной степени снизило надежность в целом навигационного обеспечения безопасного плавания. В связи с этим значительно возросла роль астрономических способов определения места судна. Кроме того, определение поправок курсоуказателей на судах торгового флота, как и в прежние века, вдали от берегов возможно только по небесным светилам.

Все это свидетельствует о возрастании роли мореходной астрономии, как одной из наук судовождения, в подготовке студентов судоводительской специальности.

Учебник «Практическая мореходная астрономия» разработан в соответствии с требованиями отраслевого стандарта Министерства образования и науки Украины по специальности «Судовождение» и предназначено для оказания помощи студентам в изучении дисциплины «Мореходная астрономия». Он может быть полезным судоводителю и для самостоятельной подготовки при длительных перерывах в использовании методов и способов мореходной астрономии в судовождении. В этих целях в учебнике, впервые среди пособий подобного типа, наряду с теоретическим материалом приведены методики и примеры решения типовых астрономических задач. В учебник также включены условия контрольных задач с ответами и контрольные вопросы по главам для самостоятельной подготовки по дисциплине и контроля знаний.

При подготовке учебника «Практическая мореходная астрономия» соблюдены традиционная схема последовательности расположения глав и прежние принципы изложения теоретического материала – строгое соответствие действующей программе дисциплины, применение простых для понимания рисунков и схем, доступного аналитического материала. Наличие в учебнике выдержек в виде таблиц из астрономических и навигационных пособий позволяет, при самостоятельной работе по изучению дисциплины, познать порядок работы с этими таблицами (не обращаясь к ним напрямую), что способствует более глубокому практическому освоению содержания дисциплины «Мореходная астрономия».

Авторы учебника выражают искреннюю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Судовождение» Киевской государственной академии имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного и Одесской Национальной морской академии за советы и пожелания при написании и издании учебника «Практическая мореходная астрономия».

ГЛАВА 1. ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ НЕБЕСНАЯ СФЕРА

1.1. Определение, основные задачи и краткая история мореходной астрономии

Мореходная астрономия (морская астронавигация) – это часть практической астрономии, рассматривающая ориентировку по небесным светилам во времени, по месту и направлению при движении на море.

Основными задачами мореходной астрономии являются:

1. – определение места судна в море по небесным светилам;
2. – определение истинных направлений относительно наблюдаемых небесных светил (определение « ΔK »);
3. – определение, хранение и распространение точного времени;
4. – оценка естественной освещенности и астронавигационной обстановки в районе плавания.

Астрономическое определение места судна **доступно в любом районе плавания** и зачастую является единственно возможным и наиболее достоверным. Для его выполнения **не нужны береговые сооружения**, а **точность** решения астрономических задач **не зависит от расстояний до берега**.

Астрономическое определение поправки курсоуказателя (ΔK) является практически единственным средством контроля за работой курсоуказателей при плавании вне видимости земных ориентиров.

«**Астрономия**» – слово греческое («**астрон**» – звезда и «**номос**» – закон), которое можно перевести как – «**учение о звездных законах**» или «**наука о небесных светилах**».

О достоинствах этой науки хорошо сказал польский астроном, создатель гелиоцентрической системы Мира **Николай Коперник** (1473÷1543 гг.) в своей книге «**Малый комментарий**».

«...Из числа многочисленных и разнообразных искусств и наук, пробуждающих интерес и являющихся живительной силой для человеческого разума, по моему мнению, с величайшим жаром следует себя посвятить тем, которые исследуют круг предметов, наиболее прекрасных и наиболее достойных познания.

Таковыми являются науки, которые изучают чудесные обращения во Вселенной и бег звезд, их размеры и расстояния, их *восход* и *заход*, а затем объясняют все строение Мира.

А что есть прекраснее, чем небо, охватывающее все, что прекрасно? ...

...Следовательно, если достоинство наук оценивать по их предмету, то, несомненно, первой из них была та, которую одни называют **астрономией**, другие – **астрологией**, а многие в прошлом – **вершиной математики**...»

Рассматривать вопросы мореходной астрономии, ничего не сказав об истории астрономии, нельзя и именно об этом говорил и французский астроном **Никола Камиль Фламарион** (1842÷1925 гг.):

«...**Без истории астрономии мы не можем ничего оценить, ни в истории человечества, ни в истории Вселенной**...»

«...Первобытная древность астрономии, происхождение небесной сферы и *созвездий*, взгляды древних на строение Мира – вся эта научная панорама представляет необъятное зрелище, в котором видна вся душа и жизнь человечества, с его могуществом и бессилием, с лихорадочным любопытством и томлением, с вечным неотступным желанием до всего дойти, все узнать, над всем властвовать...» (Н.К. Фламарион).

Еще в глубокой древности велись наблюдения звездного неба с целью применения их результатов в сухопутных и морских путешествиях.

~ **3 000 лет до н.э.** → именно этим временем датируются первые астрономические записи в Египте, Вавилоне, Китае.

~ **1 100 лет до н.э.** → китайский астроном **Чу Конг** построил астрономическую обсерваторию, определил наклон *эклиптики* к *экватору*.

VI век до н.э. → древнегреческий философ и математик **Пифагор Самосский** (570÷500 гг. до н.э.) уже считал Землю шаром.

- IV век до н.э.* → древнегреческий астроном и математик **Евдокс Книдский** (408÷355 гг. до н.э.) создал первую теорию движения планет («планеты прикреплены к вращающимся вокруг Земли концентрическим сферам»). Составил древнейшую *карту звездного неба*.
- IV век до н.э.* → древнегреческий философ **Аристотель** (384÷322 гг. до н.э.) считал, что Вселенная состоит из 55 концентрических сфер, вращающихся с различными скоростями и что в центре Вселенной находится неподвижная шарообразная Земля.
- IV век до н.э.* → китайские астрономы **Гань Гун** и **Ши Шень** «издают» *звездный каталог* с описанием 800 звезд.
- III век до н.э.* → древнегреческий астроном и географ **Эратосфен** (276÷194 гг. до н.э.) первым измерил дугу *меридиана* и определил размеры Земли. Оценил (и довольно точно) расстояние от Земли до Солнца и Луны; наклон эклиптики к *небесному экватору* (23°51');
- III век до н.э.* → древнегреческий астроном **Аристарх Самосский** (310÷230 гг. до н.э.) считал, что Солнце неподвижно и находится в центре мироздания, а Земля обращается вокруг него и своей оси – **1-я гелиоцентрическая система Мира**.
- II век до н.э.* → величайший астроном древнего мира **Гиппарх** (180÷125 гг. до н.э.) составил 1-й каталог звездного неба, в котором приводились *эфемериды* (координаты) 850 звезд. Он же ввел географические координаты, и он же впервые разделил звезды по их *блеску* на *звездные величины* (6 классов).
- II век н.э.* → потомок Александра Македонского, царь Египта (**Птолемей Клавдий**) (87÷165 гг. н.э.) в «Алмагесте» (~150 г.) изложил древний геоцентрический (ставящий в центр Вселенной – Землю) взгляд на Мир. В течении более 14 столетий система Птолемея была основой астрономических вычислений.
- XI век* → среднеазиатский ученый **ал-Бируни** (978÷1048 гг.) высказал сомнение в справедливости геоцентрической системы Птолемея.
- XV век* → **Улугбек (внук Тимура)** основал в Самарканде астрономическую обсерваторию, составил звездный каталог на 1018 звезд.
- 1515 г.* → польский астроном **Николай Коперник** (1473÷1543 гг.) в своем труде «Малый комментарий» (изд. 1543 г.) изложил гелиоцентрическую систему Мира, по которой в центре Мира находится Солнце.
- 1600 г.* → итальянский ученый **Джордано Бруно** (1548÷1600 гг.) за свои астрономические мировоззрения (множественность миров) сожжен на костре в Риме на площади Цветов.
- 1610 г.* → итальянский ученый **Галилео Галилей** (1564÷1642 гг.) получил важные наблюдательные подтверждения гелиоцентрической системы Мира Коперника (по изменению фаз Венеры). Автор подзорной трубы (от 3^x до 30^x). Открыл 4 спутника Юпитера.
- 1609 г.* → немецкий ученый **Иоганн Кеплер** (1571÷1630 гг.) в «**Новой астрономии**» изложил простое и точное описание движения планет (три закона планетных движений).
- 1687 г.* → английский математик **Исаак Ньютон** (1643÷1727 гг.) в «**Математических началах натуральной философии**», сформулировал закон всемирного тяготения (1666г.), который окончательно объяснил, почему планеты движутся именно так.
- 1692 г.* → **1-я астрономическая обсерватория в России** (холмогорский архиепископ Афанасий).
- 1702 г.* → **Яков Вилимович Брюс** открывает в Москве на Сухаревской башне **астрономическую обсерваторию**.
- 1726 г.* → открыта **астрономическая обсерватория Российской Академии наук**.

Возникновение и развитие Мореходной астрономии непосредственно связано с торговлей и мореплаванием. Средства и методы мореходной астрономии складывались веками. Как самостоятельная наука она начала развиваться в эпоху великих географических открытий (XV÷XVIII вв).

Начиная с 15-го века на судах уже используются астрономические угломерные инструменты – **градшток, астролябия, квадрант**.

Появляются первые, научно обоснованные, методы определения широты места (по *высоте* Полярной звезды и по высоте Солнца в полдень).

В 16-м веке появляются теоретические методы определения долготы места.

Именно в это время **Христофор Колумб** так говорил об астрономических определениях места, а именно:

«...Существует только одно безошибочное и надежное определение – это астрономическое ... и счастлив тот, кто с ним знаком...» (~1492 г.).

В России мореходная астрономия получила широкое распространение при **Петре I** (1669÷1725 гг.), который в 1701 г. основал в Москве школу «**Математических и навигацких хитрости наук учения**», в которой изучается и астрономия.

1759 г. → **М.В. Ломоносов** (1711÷1765 гг.) издает целый ряд работ «Рассуждения о большой точности морского пути»; первым из русских ученых стал вести комплексные исследования по основным проблемам мореплавания.

1763 г. → академик Петербургской Академии наук **Леонард Эйлер** (1707÷1783 гг.) изложил метод определения долготы места по лунным расстояниям.

1814 г. → русский астроном **Ф.И. Шуберт** издает календарь для нужд флота «Карманный месяцеслов» – 1-й русский *астрономический ежегодник*.

1839 г. → **В.Я. Струве** открывает Пулковскую астрономическую обсерваторию.

1843 г. → американский моряк **Томас Сомнер** предложил графический метод определения места судна при помощи *высотных линий положения* на карте.

1849 г. → русский штурман **М.А. Акимов** предложил близкое к современному решение задачи совместного определения и широты места и его долготы по высотам светил.

1875 г. → французский капитан **М. Сент-Илер** предложил наиболее простой способ определения места, удобный в судовых условиях (применяется и в наше время).

С XIX века во многих странах выпускают *мореходные таблицы*.

1870 г. → выпущены первые **русские официальные «Мореходные таблицы» «МТ»** → до 1903 г. было 10 их изданий.

1903 г. → гидрографическое управление издало **новые «Мореходные таблицы» «МТ»**, позднее «**МТ – 33, 43, 53, 63, 75, 2000**».

Для решения основной задачи мореходной астрономии – **определения места судна** – применяли, кроме «таблиц логарифмов», «МТ», также и **специальные таблицы**, как русские (Н.Ф. Жамбова, А.В. Асташева, В.Е. Фуса), так и иностранные.

1920÷1921 гг. → **В.В. Каврайский** разработал обобщенный метод высотных *линий положения* для определения места судна в море по высотам светил.

С **1930 г.** под руководством профессора **И.Д. Жанголовича** выпускается «**Морской астрономический ежегодник**» (МАЕ), форма и содержание, которого несколько раз изменялись.

Начиная с **30-х годов** создаются отечественные *навигационные секстаны* для измерения высот светил и составляются различные таблицы.

А.П. Ющенко составил 1-е отечественные *таблицы* для расчета *азимутов светил*, для определения поправки компаса (ΔK), а также таблицы для расчета элементов высотной линии положения («**ТВА-57**»).

Для целей определения поправки компаса (ΔK) издавались таблицы (К.С. Юрьев, А.П. Демин) – «**ТИПС-56**».

Главным официальным и более современным пособием для вычисления высот и азимутов светил являются таблицы «**ВАС-58**» (I÷IV том).

В области исследований и анализа астрономических определений публиковались работы Н.Н. Матусевича, П.П. Скородумова, А.П. Демина, В.Ф. Дьяконова, В.Т. Кондрашихина и многих других.

Еще в 1922 г. вышел в свет капитальный труд **Н.Н. Матусевича «Мореходная астрономия»**.

В разное время выходили учебники по мореходной астрономии: Б.П. Хлюстин, А.П. Белобров, В.Ф. Дьяконов, Б.И. Красавцев, Р.А. Скубко, Р.Ю. Титов, Г.И. Файн и др.

Среди задач, стоящих перед моряками и учеными в области судовождения, важное место занимает задача совершенствования астрономических определений места судна в море.

- Альбицкий В.А.** (1891÷1952 гг.) - открыл звезду, имеющую самую большую лучевую скорость в Галактике (360 км/с).
- Амбарцумян В.А.** (род. в 1908 г.) - основатель школы теоретической астрофизики.
- Барабашов Н.П.** (1894÷1971 гг.) - сконструировал спектрогелиоскоп.
- Белопольский А.А.** (1854÷1934 гг.) - в 1887 г. получил фото солнечной короны.
- Бессель** (1784÷1846 гг.) - создал точный звездный каталог для 62.000 звезд.
- Брадлей** (1693÷1762 гг.) - доказал абберацию (1728г.) и *нутацию* (1748г.) оси Земли.
- Брауде С.Я.** (род. в 1911 г.) - составил 1-й каталог радиоисточников.
- Брюс Я.В.** (1670÷1735 гг.) - организовал в 1699 г. «навигационную школу», составил 1-ю карту российских земель.
- Виноградов А.П.** (1895÷1975 гг.) - определил абсолютный возраст Земли.
- Воронцов-Вельяминов Б.А.** (род. в 1904г.) - доказал вращение ядра планет.
- Гаусс Карл-Фридрих** (1777÷1855 гг.) - развил теорию движения небесных светил.
- Гедеонов Д.Д.** (1854÷1908 гг.) - предложил способ определения поправки часов по наблюдениям звезд.
- Гершель Вильям** (1738÷1822 гг.) - создатель «звездной астрономии». Открыл планету Уран.
- Гинзбург В.Л.** (род. в 1916 г.) - высказал гипотезу о радиоизлучении короны Солнца.
- Глазенап С.П.** (1848÷1937 гг.) - инициатор постройки обсерватории Петербургского университета в 1881 г.
- Гусев М.М.** (1826÷1866 гг.) - создал одну из первых в мире служб Солнца.
- Даламбер Жан** (1717÷1783 гг.) - создал общую теорию движения Луны.
- Каврайский В.В.** (1884÷1954 гг.) - изобрел пеленгатор и *наклономер*.
- Келдыш М.В.** (1911÷1978 гг.) - главный теоретик космонавтики.
- Кирик Новгородец** (род. ~1110 г.) - в своем труде «Учение им же ведати человеку числа всех лет» (1136 г.) – рассмотрел вопрос измерения больших промежутков времени.
- Ковальский М.А.** (1821÷1884 гг.) - в 1859 г. впервые высказал идею о вращении нашей звездной системы.
- Козырев Н.А.** (1908÷1983 гг.) - разработал теорию солнечных пятен.
- Королев С.П.** (1907÷1966 гг.) - главный конструктор космических кораблей.
- Красовский Ф.Н.** (1878÷1948 гг.) - определил элементы земного эллипсоида.
- Крат В.А.** (1911÷1983 гг.) - в 1935 г. предложил гипотезу об ограниченности Метагалактики.
- Крылов А.Н.** (1863÷1945 гг.) - восстановил ньютоновскую теорию *астрономической рефракции*.
- Лагранж Жозеф** (1736÷1813 гг.) - автор теории планетных возмущений.
- Лаплас Пьер** (1749÷1827 гг.) - создатель теории вероятностей и происхождения Солнечной системы.
- Лексель А.И.** (1740÷1784 гг.) - открыл планету Уран.
- Лобачевский Н.И.** (1792÷1856 гг.) - пришел к выводу, что геометрия Вселенной определяется

| | |
|---------------------------------------|---|
| <i>Любимов А.А. (Афанасий)</i> | - распределением вещества в ней и не является Евклидовой. |
| <i>Ломоносов М.В. (1711÷1765 гг.)</i> | - первый русский астроном в Холмогорах (~1702 г.) |
| <i>Максутов Д.Д. (1896÷1964 гг.)</i> | - в 1761 г. объяснил наличие атмосферы у Венеры. |
| <i>Наан Г.И. (род в 1919 г.)</i> | - создал новый тип телескопа. |
| <i>Новиков И.Д. (род. в 1935 г.)</i> | - выдвинул гипотезу симметричности Вселенной. |
| <i>Нюрен М.О. (1837÷1921 гг.)</i> | - создал теорию внутреннего строения черных дыр. |
| <i>Орлов С.В. (1880÷1958 гг.)</i> | - в 1885 г. получил значение годичной аберрации звезд (20,49"). |
| <i>Паренаго П.П. (1906÷1960 гг.)</i> | - создал теорию строения комет. |
| <i>Пономарев Н.Г. (1900÷1942 гг.)</i> | - определил галактическую орбиту Солнца. |
| <i>Румовский С.Я. (1734÷1812 гг.)</i> | - конструктор первого отечественного рефлектора. |
| <i>Савич А.Н. (1811÷1883 гг.)</i> | - ввел точное значение <i>параллакса</i> Солнца (8,67"). |
| <i>Северный А.Б. (род. в 1913 г.)</i> | - вывел элементы орбиты планеты Нептун. |
| <i>Симонов И.М. (1794÷1855 гг.)</i> | - открыл пульсации Солнца. |
| <i>Струве Л.О. (1858÷1920 гг.)</i> | - разработал метод определения местного времени по измеренным высотам светил. |
| <i>Струве О.В. (1819÷1905 гг.)</i> | - в 1887 г. впервые получил угловую скорость вращения Галактики. |
| <i>Тихов Г.А. (1875÷1960 гг.)</i> | - в 1841 г. определил значение постоянной <i>прецессии</i> . |
| <i>Фридман А.А. (1888÷1925 гг.)</i> | - в 1909 г. получил первое фото Марса. |
| <i>Хайкин С.Э. (1901÷1968 гг.)</i> | - в 1924 г. предсказал расширение Вселенной. |
| <i>Цераский В.К. (1849÷1925 гг.)</i> | - основоположник отечественной радиоастрономии. |
| <i>Цингер Н.Я. (1842÷1918 гг.)</i> | - в 1887 г. построил фотометр. Разработал специальный гелиометр. |
| | - изложил оригинальный метод определения поправок часов. |

1.2. Общая характеристика Вселенной

А. Наш адрес во Вселенной

| | |
|-----------------------|---|
| Область, край: | Метагалактика (система галактик – Сверхгалактика) |
| Город: | Галактика «Млечный путь» |
| Улица: | Солнце |
| Дом: | Земля. |

Б. О количестве

- **Число планет** Солнечной системы – **9** (по мере удаления от Солнца – **Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон**). **Не исключается открытие 10-й планеты.**
- **Число видимых невооруженным глазом звезд** на небе ~ **6.000** (до 6-й звездной величины).
- **Число звезд в нашей Галактике** «Млечный путь» ~ **100 млрд.**
- **Число галактик** в изучаемом пространстве Вселенной → более **10 млрд.**
- **Общее число звезд** в изучаемом пространстве Вселенной → **10^{21} .**
- **Число планет во Вселенной, на которых возможно существование жизни** ~ **1 млрд.**

В. О размерах

- **Земля:** $R = 6378 \text{ км}$ ($\varnothing 12.756 \text{ км}$) $R_{cp} = 6.371,1 \text{ км}$ – **песчинка в космосе**. Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли; масса Плутона ~ в 100 раз меньше массы Земли. На все планеты приходится менее **1/740** массы Солнца.

- Солнце – $\varnothing 1,39$ млн. км, его диаметр вмещает $109\varnothing 3e$ мли. Масса Солнца ~ в 325.000 раз больше массы Земли. 99% массы Солнечной системы. $t^{\circ}C$ ядра ~ 17 млн°. В 1с сгорает 5 млн. т. водорода.
- *Бетельгейзе – сверхгигант. $R^* = 400R_{\odot}$ (внутри может поместиться более 1 млн. Солнц или вся орбита Земли);
- *Белый карлик \approx размеру Земли (1 см³ его вещества весит сотни тонн).
- *Пульсар $\varnothing \sim 10$ км (чайная ложка его вещества весит ~ 1 млрд. т.).
- *Квazar имеет поперечник ~ 1 световой год. (~ 9461 млрд. км.)
- *Цефая превосходит Солнце более чем в 1млрд. раз по объему.
- Наша Галактика "Млечный путь" имеет поперечник ~ 80.000 световых лет. Масса ее в 100 млрд. раз больше массы Солнца.
- Вселенная $\rightarrow R \sim 13\div 16$ млрд. световых лет.

Г. О расстояниях

- Длина земного экватора – 40.075 км.
- От Земли до Солнца 150 млн. км ~ 3.750 длин земного экватора (свет от Солнца до Земли идет 8 мин 20 с).
- От Земли до ближайшей * α Центавра ~ 4,3 световых года (~ $4,3 \cdot 10^{13}$ км), свет идет более 4 лет.
- От Земли до ближайшей видимой в наших широтах *Сириус ~ 8,5 световых лет (~ 80 трлн. км.).
- От Солнца до центра нашей Галактики ~ 47.000 световых лет.
- До самой близкой к нам галактики Андромеды (М31) ~ 2 млн. световых лет.
- До Квазара «OQ172» ~ 10 млрд. световых лет.
- До ближайшей предполагаемой высокоразвитой цивилизации ~ 1.000 световых лет.
- До края изучаемой Вселенной – более 13 млрд. световых лет.

Д. О скоростях

- Земля вращается вокруг своей оси со скоростью ~ 0,5 км/с (0,46 км/с).
- Земля вращается вокруг Солнца со скоростью ~ 30 км/с.
- Солнечная система вращается вокруг центра нашей Галактики со скоростью ~ 300 км/с. (1 полный оборот за 230 млн. лет).
- Наша Галактика «Млечный путь» движется в направлении созвездия Гидры со скоростью ~ 417 км/с.
- Крабовидная туманность расширяется со скоростью ~ 1.500 км/с.
- Квazar «OQ172» в созвездии Волопаса удаляется от нас со скоростью, близкой к скорости света (~ 300 000 км/с).

Е. О светимости звезд

- Абсолютная светимость Солнца эквивалентна 3.830 млрд. трлн. 100 вт. эл/лампы, светящих одновременно.
- Светимость наиболее ярких звезд почти в 100 000 раз превышает светимость Солнца.
- *Ригель (созвездие Ориона) излучает света ~ в 60 000 раз более Солнца.
- Количество света, излучаемое сверхновой звездой, может в миллиарды раз превосходить светимость Солнца.
- Квазары (~ 1 световой год в поперечнике) светят ярче, чем 100 нормальных галактик, состоящих из 1 млрд. Солнц.
- Одна взорвавшаяся звезда способна светить с такой же силой, как все 100 млрд. звезд в Галактике, вместе взятые.
- Самые слабые известные нам звезды испускают лишь 1/1.000.000 часть излучения Солнца.

Во II веке до н.э. греческий астроном Гиппарх разделил все звезды по их блеску на 6 классов (I – самые яркие, VI – самые слабые).

Видимая звездная величина – это мера того, насколько яркой выглядит звезда на небе. Современная шкала звездных величин определяет, что *I-й звездной величины ровно в 100 раз ярче, чем *VI-й звездной величины.

Солнце в 10 млрд. раз ярче звезды Сириус (\odot – 26,7, *Сириус –1,6, Венера –3,7).

1.3. Общая характеристика планеты Земля

Наша планета – Земля – видна из космоса как **редкий голубой самоцвет**.

Третья по счету от Солнца, она самая важная планета для всех нас.

Общая площадь поверхности Земли составляет почти **510 млн. км² (510 074 600 км²)**.

Более 70% поверхности (**391 134 060 км²**) покрыта **водой**, которая уникальна в Солнечной системе.

Масса Земли \approx 6.000 секстиллионов кг ($\sim 5,974 \cdot 10^{21}$ т. $\approx 5,974 \cdot 10^{27}$ г).

Форма Земли немного напоминает грушу. Ее суточное вращение вокруг оси образовало экваториальное вздутие и полярное сжатие.

Геометрически это **геоид** (греч. «**похожий на Землю**») – геометрическая фигура, которая совпадает со средней поверхностью вод Мирового океана и сообщаемых с ним морей, свободной от приливов, течений и прочих возмущений.

Для упрощения расчетов геоид заменен **земным эллипсоидом (двухосный эллипсоид вращения)**, который удовлетворяет следующим условиям:

- объем эллипсоида равен объему геоида;
- большая и малая оси эллипсоида соответственно совпадают с *плоскостью экватора* и осью вращения Земли;
- отклонения поверхности эллипсоида от поверхности Земли минимальны.

Референц - эллипсоид – принятая за основу форма земного эллипсоида в стране (группе стран), наиболее близко совпадающая с геоидом на территории данной страны.

Элементы некоторых референц - эллипсоидов

| Референц - эллипсоид | Год | Большая полуось, м | Сжатие |
|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------|
| Деламбра | 1800 | 6 375 653 | 1:334,0 |
| Эйри | 1830 | 6 377 563,4 | 1:299,3 |
| Бесселя | 1841 | 6 377 397 | 1:299,153 |
| Кларка (I) | 1866 | 6 378 206 | 1:295,0 |
| Кларка (II) | 1880 | 6 378 249 | 1:293,5 |
| Хейфорда | 1910 | 6 378 388 | 1:297,0 |
| Красовского | с 1946 г. СССР | 6 378 245 | 1:298,3 |
| WGS · 84 | 1984 | 6 378 137 | 1:298,257... |

Размеры референц - эллипсоида Красовского:

$a = 6\,378\,245$ м – большая полуось;

$b = 6\,356\,863$ м – малая полуось;

$\alpha = 1:298,3$ – полярное сжатие (0,0033523299);

$e = 0,081813$ – эксцентриситет.

Отклонение от поверхности геоида **не более 150 м**.

Большая и малая полуоси отличаются на $\sim 21,4$ км (**21,38 км**).

Среднее значение радиуса Земли: $R_{cp} = 6.371,11$ км. Длина экватора: **40.075 км**.

Астрономы предполагают, что Земля образовалась $\sim 4,6$ млрд. лет назад из газопылевого облака.

Земля обладает магнитным полем, которое простирается в космос на расстояние до **60.000 км** и полностью улавливает смертоносные частицы «солнечного ветра».

В соответствии с законами Иоганна Кеплера (1571-1630 гг.) Земля обращается **вокруг Солнца** с переменной скоростью ($V_{cp} \approx 30$ км/с) по слегка вытянутому эллипсу (рис. 1.1).

Ближе всего к Солнцу Земля подходит **в начале января** (т. П – *перигелий*), когда в Северном полушарии царит Зима, которая теплее, чем в Южном полушарии ($S_{п} \approx 147$ млн. км).

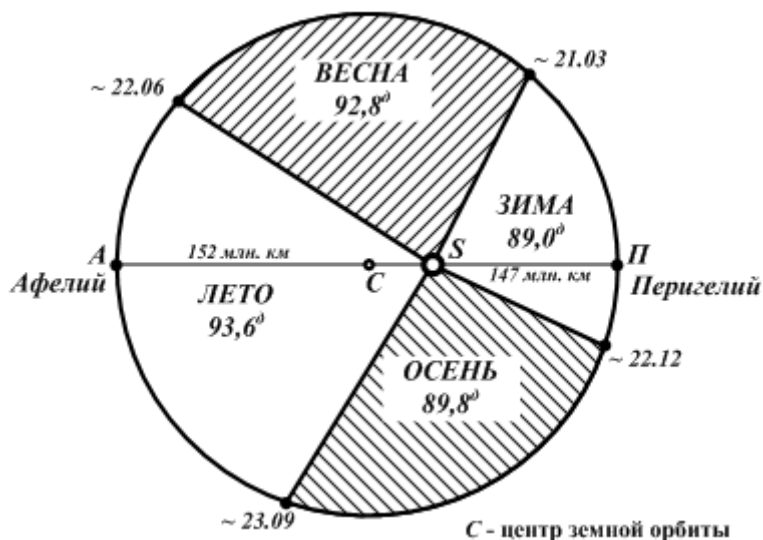


Рис. 1.1. Обращение Земли вокруг Солнца

Дальше всего от Солнца Земля отходит **в начале июля** (т. А – *афелий*), когда у нас лето, которое прохладнее, чем в Южном полушарии ($S_{А} \approx 152$ млн. км).

Разница в удалении Земли от Солнца между январем и июлем составляет около **5 млн. км**.

Среднее расстояние от Земли до Солнца оценивается в 150 млн. км = 1 а.е. (астрономическая единица).

Большая полуось земной орбиты: $a = 149,50$ млн. км.

Малая полуось земной орбиты: $b = 149,49$ млн. км.

Причина смены времен года кроется в наклоне *земной оси*.

Ось вращения Земли расположена под углом $\sim 66^{\circ}33'$ к плоскости ее движения вокруг Солнца. На Земле различают **5 климатических поясов**:

- экваториальный или тропический ($23^{\circ}27'N \div 0^{\circ} \div 23^{\circ}27'S$);
- 2 умеренных пояса ($23^{\circ}27'N \div 66^{\circ}33'N$; $23^{\circ}27'S \div 66^{\circ}33'S$);
- 2 полярных пояса ($66^{\circ}33'N \div 90^{\circ}N$; $66^{\circ}33'S \div 90^{\circ}S$).

Можно принимать, что ось вращения Земли перемещается в пространстве всегда параллельно самой себе. На самом деле ось вращения Земли описывает на небесной сфере малый круг, совершая один полный оборот за **25.800 лет**.

Это интересно знать:

1. Самый большой континент – Евразия (**53 698 470 км²**).
2. Самый большой материк – Азия (**43 998 920 км²**).
3. Самый большой океан – Тихий океан (**166 242 517 км²**).
4. Самой большое море – Южно-Китайское море (**2 974 615 км²**).
5. Самое большое озеро – Каспийское море (**368 000 км²**).
6. Самая длинная река – река Нил (**6 669 км**).
7. Самая высокая гора – гора Эверест (**8 848 м**).
8. Самая большая впадина суши – Мертвое море (**-396 м**).
9. Самое большое ущелье – ущелье Большой Каньон, США, штат Аризона ($L = 349$ км, $B =$ до **21 км**, $H =$ до **1,6 км**).
10. Самое глубокое ущелье – ущелье Хелс Каньон, США, штат Айдахо ($H = 2.408$ м).

11. Самый большой метеоритный кратер – кратер Нью Куэбек, Канада ($B = \text{до } 3 \text{ км}$).
12. Самый крупный водопад – водопад Анхель (979 м).
13. Самая большая глубина в море – глубина в Марианской впадине Тихого океана ($11\ 033 \text{ м}$).
14. Самое влажное место – г. Вайалеале, Гавайские острова (среднегодовое количество осадков $11\ 680 \text{ мм}$).
15. Самое сухое место – пустыня Атакама, Чили (в Каламе осадков не было вообще).
16. Самое холодное место – станция «Восток», Антарктида ($-88,3^\circ\text{C VIII.1960 г.}$).
17. Самое жаркое место – г. Аль-Азизийя, Ливия ($+58^\circ\text{C IX.1922 г.}$).
18. Самый сильный ветер – 372 км/ч (1934 г.).
19. Самые высокие приливы – залив Фанди, Новая Шотландия (16 м).

1.4. Вспомогательная небесная сфера: основные точки, линии и плоскости

Прежде чем говорить о *вспомогательной небесной сфере* (ВНС), вспомним основные точки, линии и плоскости земной сферы, приняв Землю за шар и пренебрегая ее сжатием, т.к. **большая и малая полуоси земного эллипсоида отличаются всего на 0,3% радиуса Земли.**

Произвольным радиусом проведем окружность с центром в т. C – центр Земли (рис. 1.2).

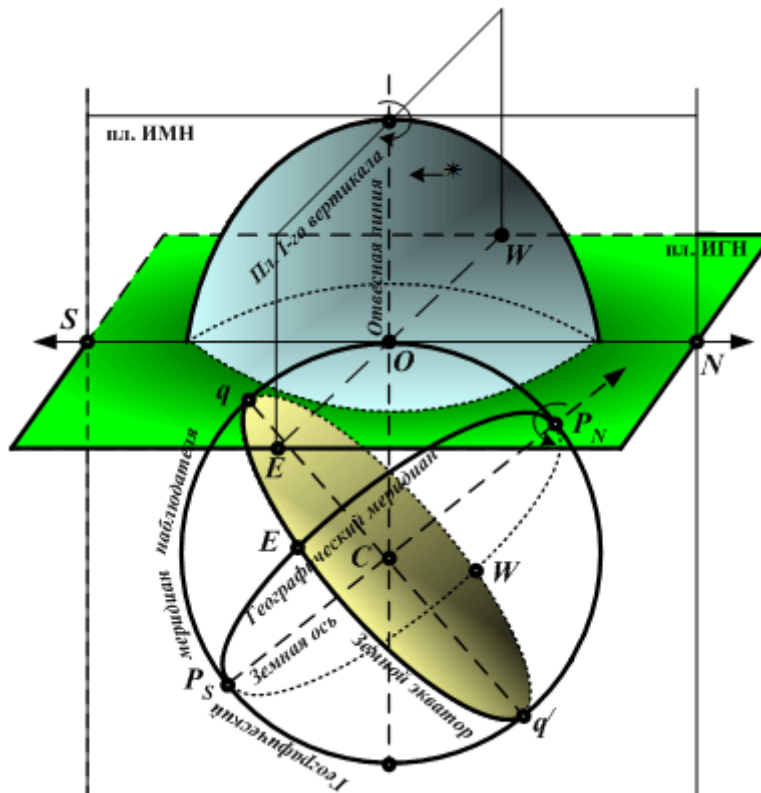


Рис. 1.2. Основные точки, линии и плоскости Земли

- **земная ось $P_N P_S$** – воображаемая линия, проходящая через центр Земли т. C и географические полюсы Земли P_N – северный и P_S – южный; именно вокруг этой оси Земля совершает один оборот за 24 часа с запада на восток;
- **плоскость земного экватора** → плоскость проходящая через центр Земли (т. C) перпендикулярно земной оси $P_N P_S$ (делит земной шар на два полушария – северное и южное);
- **земной экватор** – воображаемая линия пересечения плоскости экватора с земной поверхностью (qq');
- **географический меридиан** – воображаемая линия пересечения поверхности Земли, плоскостью проходящей через географические полюсы Земли P_N и P_S ;
- **истинный меридиан наблюдателя** – географический меридиан, проходящий через место наблюдателя т. O :

- **отвесная линия** → воображаемая линия, проходящая через центр Земли (т. C) и место наблюдателя (т. O) – линия OC ;
- **плоскость истинного горизонта** → плоскость, проходящая через место наблюдателя (т. O) перпендикулярно отвесной линии OC ;
- **плоскости вертикалов** → плоскости, проходящие через отвесную линию OC перпендикулярно плоскости истинного горизонта наблюдателя (и.г.н.);
- **плоскость I-го вертикала** – вертикальная плоскость перпендикулярная и плоскости истинного горизонта наблюдателя (и.г.н.), и плоскости истинного меридиана наблюдателя (и.м.н.);
- **полуденная линия** – воображаемая линия NS , по которой плоскость истинного горизонта пересекается с плоскостью истинного меридиана наблюдателя. Полуденная линия соответствует направлениям из места наблюдателя на север (N) и юг (S);
- **линия EW** – воображаемая линия, по которой плоскость I-го вертикала пересекается с плоскостью истинного горизонта. Линия EW соответствует направлениям из места наблюдателя на восток (E) и на запад (W).

Наблюдатель, находясь в т. O Земли наблюдает все видимые невооруженным глазом небесные светила как бы проецируемые на воображаемую сферу бесконечно большого радиуса.

Если учесть, что размеры Земли по сравнению с расстоянием до небесных светил бесконечно малы, то можно радиусом Земли пренебречь и считать, что наблюдатель и Земля сливаются в одну точку, которая будет находиться в центре этой сферы.

Для примера: если уменьшить Солнце и ближайшую к нам звезду α Центавра до размеров шариков настольного тенниса (35мм), то их необходимо (для сохранения масштаба) расположить друг от друга на расстоянии ~ 1.000 км.

Таким образом: из-за малых размеров Земли, в сравнении с расстояниями до звезд ($D_{min} \approx 43$ трил. км) всех наблюдателей, расположенных в разных местах земной поверхности, можно считать находящимися в одной точке, т.е. центре небесной сферы, что позволяет сформулировать ее основное свойство: **одна и та же звезда в один и тот же момент времени наблюдения видна из разных мест земной поверхности по параллельным направлениям.**

Дадим теперь определение вспомогательной небесной сферы – ВНС:

- **ВНС** → это воображаемая сферическая поверхность произвольного радиуса с центром в месте наблюдателя, на поверхность которой проецируются видимые места светил.

Кажущееся движение светил вследствие вращения Земли (с запада на восток) вокруг своей оси называется **видимым суточным движением светил** (с востока на запад).

ВНС медленно вращается в направлении с E к W . Созвездия поднимаются над горизонтом в восточной стороне неба и опускаются к горизонту в западной стороне.

Построение чертежа ВНС (рис. 1.3):

1. → из произвольно взятой точки O (место наблюдателя) радиусом ~ 5 см проводим окружность – **небесный меридиан наблюдателя** (н.м.н.), плоскость которого параллельна плоскости географического меридиана наблюдателя (совпадает с ним).
2. → через точку O проводим вертикальную прямую (диаметр), изображающую **направление отвесной линии**, совпадающее с направлением нити отвеса в данной точке Земли. Точки ее пересечения с н.м.н.: верхняя – **зенит Z** , нижняя – **надир n** . (ZOn → отвесная линия).
3. → **перпендикулярно отвесной линии ZOn через точку O проводим линию**. Точки ее пересечения с н.м.н.: правая – N , левая – S . Линия NS – **полуденная линия** (NOS → диаметр истинного горизонта наблюдателя).
4. → через точку O перпендикулярно линии ZOn проводим **плоскость истинного горизонта наблюдателя**, которая делит ВНС на 2 полусферы: **надгоризонтную** (вершиной ее является зенит Z), доступную наблюдениям и **подгоризонтную** (вершиной ее является надир n), которая наблюдателю не видна.

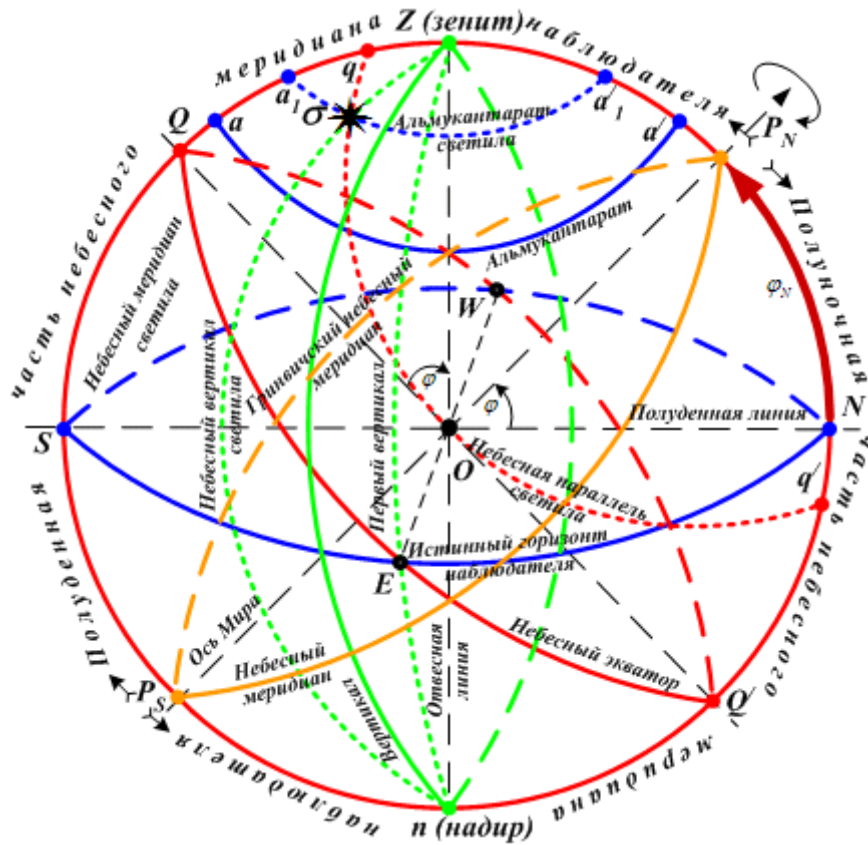


Рис. 1.3. Основные точки, линии и плоскости ВНС

5. → под углом φ к полуденной линии NS наносим на н.м.н. **повышенный полюс Мира P_N** (всегда одноименен с φ). Пример: $\angle P_N ON = \angle QOZ = \varphi$ (широте наблюдателя).
6. → через т. P_N и т. O проводим **ось Мира ($P_N P_S$)** → диаметр ВНС, совпадающий с осью вращения Земли. Вокруг оси Мира происходит вращение ВНС. **Полюсы Мира: P_N – повышенный и P_S – пониженный** (для наблюдателя северного полушария) → точки пересечения оси Мира с ВНС.
7. → у т. P_N **показываем направление** видимого суточного вращения сферы (по часовой стрелке, если смотреть со стороны повышенного полюса Мира P_N).
8. → перпендикулярно оси Мира $P_N P_S$ (через т. O) проводим **плоскость небесного экватора**, которая делит ВНС на 2 полушария – **северное с вершиной в P_N** и **южное с вершиной в P_S** . **Небесный экватор** образован пересечением мысленно продолженной плоскости экватора Земли с поверхностью небесной сферы.
9. → на линии небесного экватора отмечаем точки его пересечения:
 - а. с НМН → т.т. Q и Q' (т. Q ставится на полуденной части НМН);
 - б. с ИГН → т.т. E и W (т. E ставится от т. N вправо по часовой стрелке).
10. → проводим **небесный меридиан** → **большой круг, проходящий через полюсы Мира P_N и P_S** :
 - а. небесный меридиан, проходящий через место наблюдателя (его «зенит» и «надир») называют **небесным меридианом наблюдателя** → «НМН»; часть НМН ($P_N Z Q S P_S$) – его **полуденная часть**, а часть НМН ($P_N N Q' n P_S$) – его **полуночная часть**;
 - б. небесный меридиан, являющийся линией пересечения поверхности ВНС плоскостью земного Гринвичского меридиана → **Гринвичский небесный меридиан**, который делит «ВНС» на два полушария → восточное (от $0^\circ \div 180^\circ E$) и западное (от $0^\circ \div 180^\circ W$);
 - с. небесный меридиан, проходящий через видимое место небесного светила **небесный меридиан светила**.
11. → проводим **вертикаль** – **большой круг, проходящий через зенит (Z) и надир (n)** – **I-й вертикаль** проходит через т.т. E, W, Z и n .
12. → проводим **небесную параллель** → **малый круг (qq')**, параллельный небесному экватору. По ним (по небесным параллелям) в суточном вращении ВНС движутся небесные светила.
13. → проводим **альмуkantарат** → **малый круг (aa')** параллельный истинному горизонту наблюдателя.

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

«ВНС» \rightarrow сфера произвольного радиуса, через центр которой проведены линии и плоскости параллельные линиям и плоскостям наблюдателя на земной поверхности и на поверхность которой проецируются видимые места небесных светил независимо от их удаления от наблюдателя.

Все указанные точки, линии и плоскости (табл. 1.1.) занимают для данного наблюдателя совершенно определенное положение на ВНС и относительно которых можно наносить видимые места светил на сферу.

Например:

1. Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$) \rightarrow т.т. P_N и N , Q и Z , полуденная линия и ось Мира совпадают друг и другом.
2. Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ$) \rightarrow т.т. P_N и Z , Q и S , отвесная линия и ось Мира совпадают друг с другом.

Таким образом, чтобы построить ВНС для конкретного наблюдателя ее нужно сориентировать по широте данного наблюдателя.

Выводы

1. «...Первобытная древность астрономии, происхождение небесной сферы и созвездий, взгляды древних на строение Мира – вся эта научная панорама представляет необъятное зрелище, в котором видна вся душа и жизнь человечества, с его могуществом и бессилием, с лихорадочным любопытством и томлением, с вечным неотступным желанием до всего дойти, все изучить, над всем властвовать...». (Н.К. Фламарион).
2. «...Не огромность мира звезд вызывает восхищение, а человек, который изменил его...». (Блез Паскаль).
3. Основной задачей Мореходной астрономии является определение места в море по небесным светилам.
4. Вспомогательная небесная сфера помогает правильно представлять себе наблюдаемые астрономические явления.

ГЛАВА 2. СФЕРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ СВЕТИЛ

2.1. Общие положения

Положение любого *обсервованного места судна* на поверхности Земли определяется пересечением как минимум двух *изолиний*, которым соответствуют определенные линии положения, соответствующие в свою очередь тем исправленным *навигационным параметрам*, которые были измерены на ориентиры в момент определения места.

Существенным различием между навигационным и астрономическим определениями места судна в море является то, что береговые ориентиры, по которым определяется место судна, не изменяют своего положения и нанесены на карту, а **небесные светила постоянно изменяют свое местоположение на небесной сфере** и на карте, естественно, отсутствуют.

Астрономическое определение места судна является более сложным, чем навигационное. Светила, по которым определяется место судна, должны быть ориентированы на небесной сфере относительно начального меридиана на Земле. А для того, что бы это сделать, надо знать небесные координаты (эфемериды), которыми определяется положение каждого светила на небесной сфере, зависимость этих координат от времени и уметь определять время начального меридиана в момент наблюдений.

Положение светила на небесной сфере определяют углами между направлением на светило и основными координатными плоскостями:

- **плоскостью небесного меридиана наблюдателя (НМН);**
- **плоскостью небесного экватора (НЭ);**
- **плоскостью, истинного горизонта наблюдателя (ИГН).**

На небесной сфере этим углам соответствуют дуги больших кругов их измеряющие.

В зависимости от того, какие плоскости небесной сферы берутся за основу, существует несколько систем счета сферических координат светил:

1. *Горизонтная система сферических координат светил.*
2. *Первая экваториальная система сферических координат светил.*
3. *Вторая экваториальная система сферических координат светил.*

2.2. Горизонтная система сферических координат светил

Горизонтная система сферических координат светил (ГС СКС) **ориентирована** в пространстве **относительно отвесной линии ZO_n .**

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).**

Построим ВНС для наблюдателя северного полушария с φ_N (рис. 2.1). **Плоскость небесного меридиана наблюдателя совпадает с плоскостью чертежа.** Отвесная линия ZO_n совпадает с вертикальным диаметром небесной сферы. Нанесем на небесную сферу светило « σ » и проведем его **вертикал $Z\sigma_n$.**

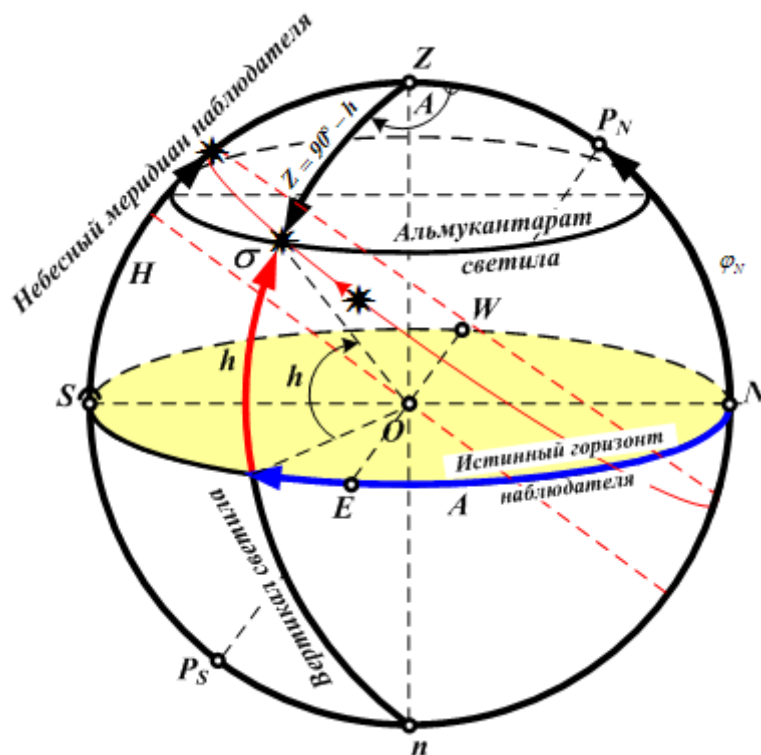


Рис. 2.1. Горизонтная система сферических координат светил

На небесной сфере положение светила « σ » относительно плоскости небесного меридиана наблюдателя и плоскости истинного горизонта наблюдателя определяют две координаты:

- азимут светила (A);
- высота светила (h).

Азимут светила (A) → это сферический угол при зените наблюдателя между плоскостью меридиана наблюдателя и вертикалом светила. Азимут светила измеряется дугой истинного горизонта. В мореходной астрономии при решении различных задач применяются три системы счета азимута:

- a. – круговая ($A_{кр}$);
- b. – полукруговая ($A_{п}$);
- c. – четвертная ($A_{ч}$).

Азимут светила в круговом счете ($A_{кр}$) для северного полушария отсчитывается от точки N истинного горизонта наблюдателя в сторону точки E по ходу часовой стрелки до вертикала светила в пределах от 0° до 360° . Счет азимута светила в этой системе совпадает со счетом истинного пеленга (ИП) и используется для определения поправки курсоуказателя (ΔK).

Азимут светила в полукруговом счете ($A_{п}$) отсчитывается (рис. 2.2) от точки N в северном полушарии (от точки S в южном полушарии) в сторону точки E , если светило расположено на восточной полусфере ($\ast\sigma_1$) или в сторону точки W , если светило расположено на западной полусфере ($\ast\sigma_2$), до вертикала светила в пределах от 0° до 180° .

($A_{п}$ измеряется от точки горизонта, находящейся на полуночной части меридиана наблюдателя к E или к W до вертикала светила от 0° до 180°).

$$A_{п1} = N 150^\circ E$$

$$A_{п2} = N 140^\circ W$$

Первая буква обозначения $A_{п}$ всегда одноименна с широтой наблюдателя. Вторая буква показывает, в какой части сферы (восточной или западной) находится светило.

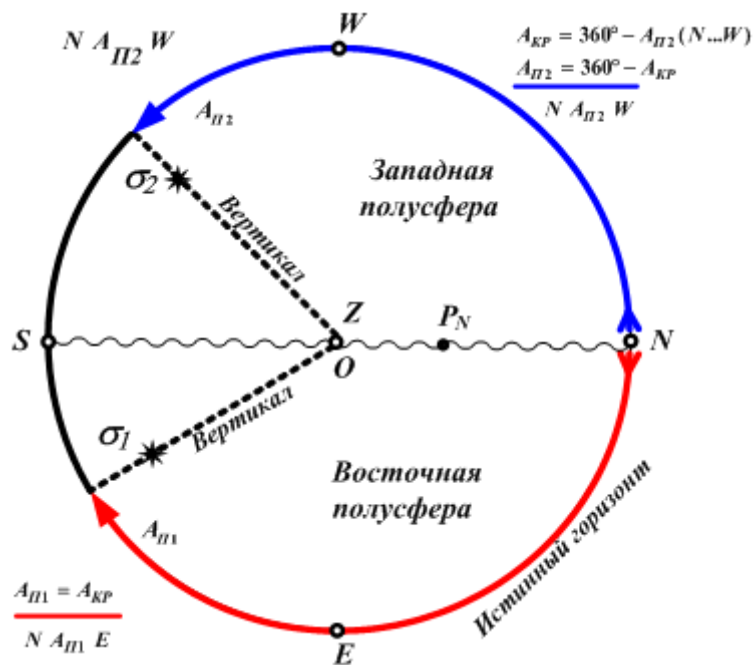


Рис. 2.2. Переход от полукруговой системы счета азимута в круговую

Если $A_{П}$ имеет обозначение $N...E$, то для перехода к $A_{КР}$ достаточно «опустить» буквенное обозначение, оставив его величину без изменения.

Например: $A_{П1} = N 150^{\circ}E$ соответствует $A_{КР} = 150^{\circ}$.

Если $A_{П}$ имеет обозначение $N...W$, то для перехода к $A_{КР}$ нужно «опустить» буквенное обозначение и рассчитать $A_{КР} = 360^{\circ} - A_{П}$.

Например: $A_{П2} = N 140^{\circ}W$ соответствует $A_{КР} = 360^{\circ} - 140^{\circ} = 220^{\circ}$.

Азимут в четвертном счете ($A_{Ч}$) отсчитывается от ближайшей точки меридиана наблюдателя (т. N или т. S) до вертикала светила в пределах от 0° до 90° (рис. 2.3).

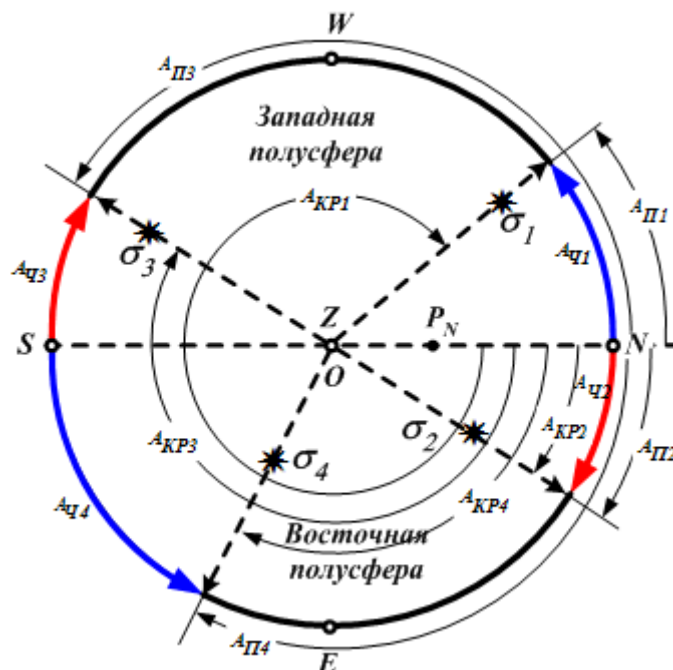


Рис. 2.3. Переход от четвертной системы счета азимута в круговую

$A_{Ч1} = 40^{\circ}NW \sim A_{П1} = N 40^{\circ}W \sim A_{КР} = 320^{\circ}$.

$A_{Ч2} = 30^{\circ}NE \sim A_{П2} = N 30^{\circ}E \sim A_{КР} = 30^{\circ}$.

$$A_{q3} = 30^{\circ}SW \sim A_{ПЗ} = N 150^{\circ}W \sim A_{KP} = 210^{\circ}.$$

$$A_{q4} = 70^{\circ}SE \sim A_{П4} = N 110^{\circ}E \sim A_{KP} = 110^{\circ}.$$

Первая буква наименования A_q одноименна с ближайшей точкой горизонта (N или S), а вторая \rightarrow в какой части сферы (восточной или западной) находится светило.

Таким образом, **азимут светила в любой системе счета показывает положение вертикала светила** (рис. 2.1). Все светила, находящиеся одновременно на одной стороне вертикала, имеют один и тот же азимут.

Азимут светила в круговой системе счета используется при определении поправки курсоуказателя.

Азимут в полукруговой системе счета ($A_{П}$) используется практически во всех расчетах при решении задач мореходной астрономии и применяется в таблицах «ВАС-58», «МТ-75» (Азимут *видимого восхода или захода Солнца*) и в МАЕ (Азимут Полярной).

Азимут в четвертной системе счета (A_q) используется в расчетах и некоторых других случаях (азимутальное кольцо *звездного глобуса* оцифровано в четвертном счете азимута, ТВА-57).

Перевод Азимута светила из одной системы счета в другую показан на примере (рис. 2.3).

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° (рис. 2.1). **Высота светила показывает положение его альмукантарата**. Все светила, находящиеся одновременно на одном альмукантарате, имеют одну и ту же высоту.

Если светило находится над горизонтом, высота имеет знак «+», **если под горизонтом** \rightarrow знак «-» и **такая высота (отрицательная) называется снижением (h')**.

Высоту светила на судне измеряют навигационным **секстаном** (АНС, радиосекстаном и т.д.).

Высота светила показывает место светила на его вертикале.

Иногда при вычислениях пользуются не высотой, а ее дополнением до 90° , т.е. дугой Z которая называется **зенитным расстоянием** светила (Z).

$$Z = 90^{\circ} - h \quad (2.1)$$

и измеряется дугой вертикала светила от зенита наблюдателя до видимого места светила в пределах от 0° до 180° .

Если светило расположено на полуденной части меридиана наблюдателя, то h и Z такого светила называют **меридиональными**. **Меридиональная высота светила (H)** – **наибольшая для данной точки наблюдателя** (после пересечения светилом полуденной части меридиана наблюдателя его высота будет уменьшаться).

2.3. Первая экваториальная система сферических координат светил

Первая экваториальная система сферических координат светил (I ЭС.СКС) **ориентирована в пространстве относительно оси Мира (P_NOP_S)**.

В этой системе **за основу берутся** следующие плоскости ВНС:

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

Построим ВНС для наблюдателя, находящегося в северном полушарии (рис. 2.4).

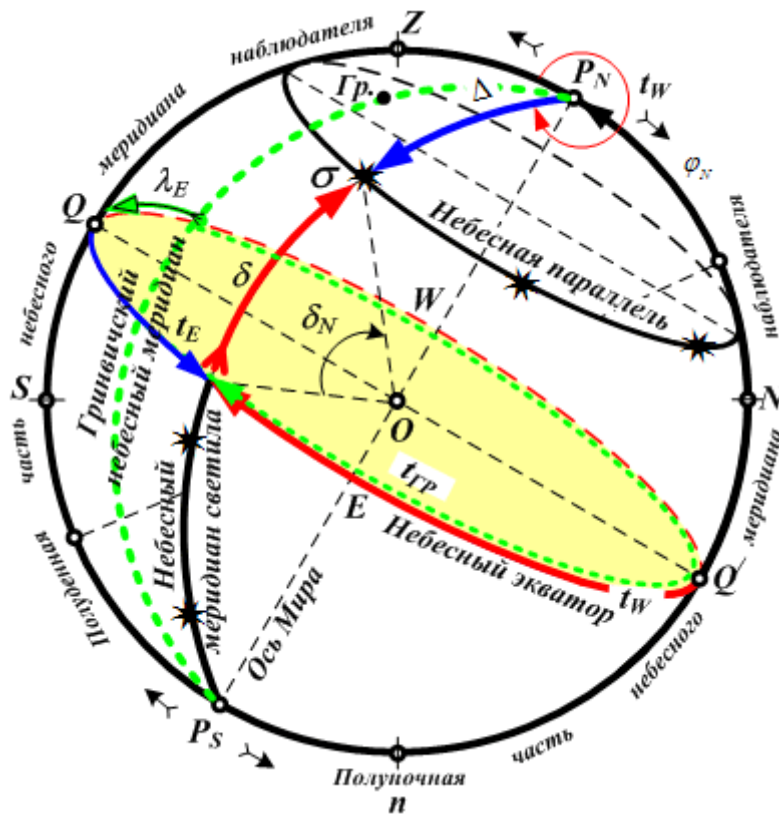


Рис. 2.4. Первая экваториальная система сферических координат светил

Положение светила (σ) на ВНС относительно плоскости небесного меридиана наблюдателя и плоскости небесного экватора определяют две координаты:

- *склонение светила* (δ);
- *часовой угол светила* (t).

Склонение светила (δ) → 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.

Если **светило** расположено в **северной** (нордовой) **половине сферы**, то его склонению присваивается наименование северное (нордовое) и обозначается → δ_N .

Если светило расположено в **южной** (зюйдовой) **половине сферы**, то его склонению присваивается наименование южное (зюйдовое) и обозначается → δ_S .

При решении задач, склонению светила **одного наименования с широтой** наблюдателя присваивается знак «плюс», а **при противоположных** наименованиях → знак «минус».

На практике иногда пользуются не склонением светила, а его дополнением до 90° , т.е. дугой $P_N \overset{\sigma}{\curvearrowright}$, которое называется **полярным расстоянием** (Δ).

Полярное расстояние светила

$$\Delta = 90^\circ - \delta \quad (2.2)$$

измеряется дугой меридиана светила от **повышенного полюса** (P_N) до видимого места светила в пределах от 0° до 180° .

Полярное расстояние (Δ) наименования не имеет и отсчитывается от направления на P_N .

Склонение светила (δ) показывает положение небесной параллели светила.

Если на одной небесной параллели одновременно находится несколько светил, то склонения этих светил будут иметь одинаковое значение.

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 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° . Такая система счета часовых углов светил называется круговой (западной), а такой часовой угол светила называется *обыкновенным* или *вестовым* и обозначается t_w . Эта система соответствует суточному движению светил.

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). Практическому часовому углу светила присваивается наименование восточный (истовый) – t_E или западный (вестовый) – t_W в зависимости от того, в какую сторону он считается от полуденной части меридиана наблюдателя.

Если светило расположено на западной (вестовой) полусфере ($t_w < 180^\circ$) то **обыкновенный и практический** часовые углы светила **совпадают**.

Если светило расположено на восточной (истовой) полусфере ($t_w > 180^\circ$) то истовый часовой угол светила рассчитывается по формуле:

$$t_E = 360^\circ - t_w \quad (2.3)$$

В морском астрономическом ежегоднике (МАЕ) все часовые углы «вестовые» или «обыкновенные», хотя там их наименование и не указано.

Часовой угол, **отсчитываемый от географического меридиана** заданного места судна (меридиана наблюдателя) называется **местным** часовым углом светила t_M (рис. 2.5).

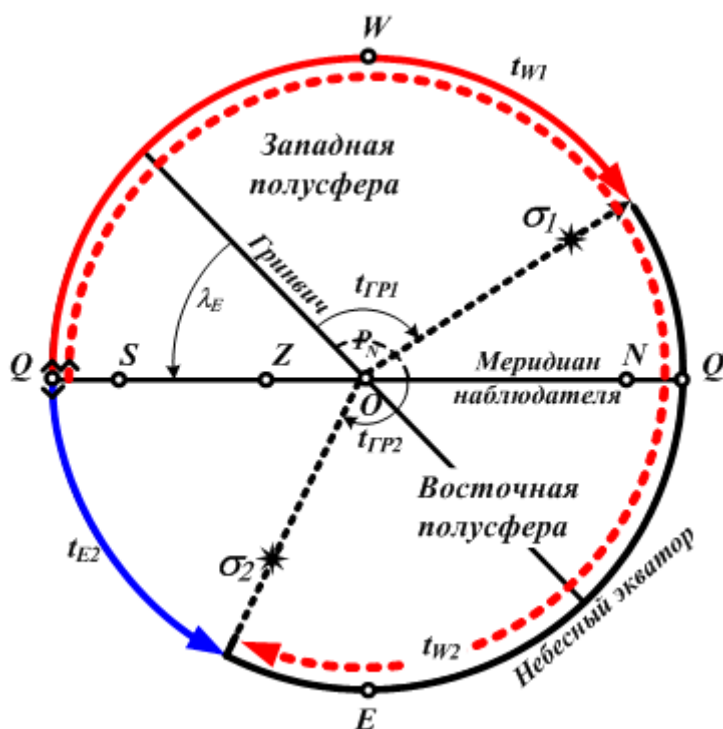


Рис. 2.5. Гринвичский, обыкновенный, практический и местный часовой угол светила

Часовой угол, **отсчитываемый от Гринвичского** (начального) небесного меридиана, называется **гринвичским** часовым углом светила (t_{GP}). Гринвичский и местный меридианы отстоят друг от друга на величину географической долготы λ , поэтому:

$$t_M = t_{GP} \pm \lambda \text{ E/W} \quad (2.4)$$

Часовой угол светила показывает положение небесного меридиана этого светила. Светила, расположенные одновременно на одной части небесного меридиана, имеют одинаковый часовой угол.

Часовой угол (t) и склонение (δ) светила не измеряются, а рассчитываются по МАЕ, для:

- *точки Овна* (только t_w^Ψ т.к. $\delta^\Psi = 0$);
- Солнца;
- 4-х *навигационных планет* (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн);
- Луны.

Примечания:

1. Экваториальные координаты Солнца ($t_{ГР}$ и δ) на каждое число 1990 г. приведены в таблице 3.7а «МАЕ-2000 г.» на с. 337-338. Для расчета значений $t_{\ominus ГР}$ и δ_{\ominus} на заданный момент *всемирного времени*, на любой год (по 2020 г.) с точностью до ± 0.1 выбранным из табл. 3.7 а значениям алгебраически прибавляются (со своими знаками) поправки из табл. 3.7б, в, г:
 - табл. 3.7б «Поправки часового угла Солнца за часы, минуты и секунды времени» (с. 339);
 - табл. 3.7в «Поправки часового угла и склонения Солнца за суточные разности их табличных значений» (с.339);
 - табл. 3.7г «Поправки часового угла и склонения Солнца на год и месяц наблюдения» (с. 340).
2. Гринвичский часовой угол точки Овна ($t_{ГР}^\Psi$) на каждое число 1990 г. приведен в таблице 3.8а «МАЕ-2000 г.» на с. 341. Для расчета значения $t_{ГР}^\Psi$ на заданный момент всемирного времени на любой год (по 2020 г.) с точностью до ± 0.1 выбранным из таблицы 3.8 а значениям алгебраически прибавляются (со своими знаками) поправки из табл. 3.8б, в:
 - табл. 3.8б «Поправки часового угла точки Овна за часы, минуты и секунды времени» (с. 342).
 - табл. 3.8в «Поправки часового угла точки Овна на год наблюдения» (с. 342).

2.4. Вторая экваториальная система сферических координат светил

Вторая экваториальная система сферических координат светил (II ЭС.СКС), так же как и первая (I ЭС.СКС) ориентирована в пространстве относительно оси Мира $P_N O P_S$.

В этой системе координат за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного экватора (**небесный экватор**);
- **небесный меридиан точки Овен** (*точки весеннего равноденствия* \rightarrow т. « Ψ »).

Точка Овна (т. « Ψ ») одна из двух точек пересечения эклиптики (проекции годового видимого движения Солнца на небесную сферу) с небесным экватором (рис. 2.6).

Начальной точкой отсчета является направление с Земли на Солнце в день весеннего равноденствия (~ 20 марта).

Точка « Ψ » соответствует видимому месту Солнца на небесной сфере в день весеннего равноденствия (~ 20 марта) и вращается в суточном движении вместе с небесной сферой вокруг оси Мира.

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

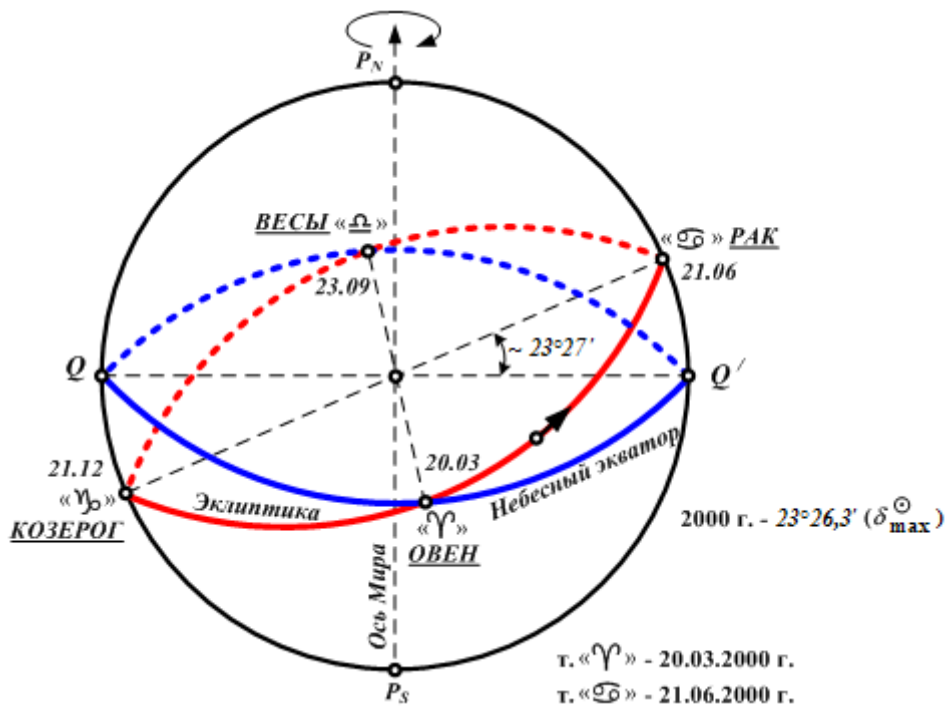


Рис. 2.6. Примечательные точки эклиптики

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

Положение точки Овна (г. « Υ ») среди видимых мест светил всегда известно и оно не зависит от местоположения наблюдателя на земной поверхности.

Место светила на небесной сфере во второй экваториальной системе сферических координат определяется двумя координатами:

1. – склонением светила (δ);
2. – *прямым восхождением светила* (α).

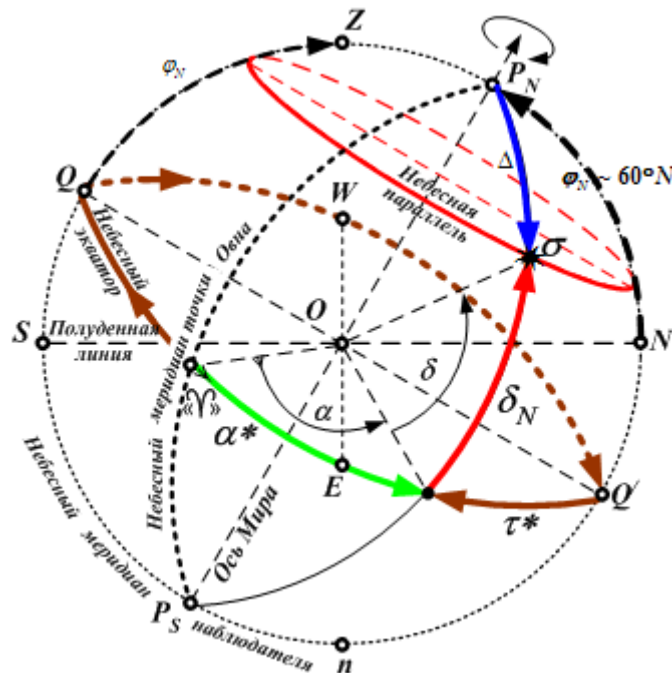


Рис. 2.7. Вторая экваториальная система сферических координат светил

Построим вспомогательную небесную сферу (ВНС) для наблюдателя северного полушария (рис. 2.7):

- плоскость небесного меридиана наблюдателя ($P_N NQ'nP_S SQZ$) совпадает с плоскостью чертежа;
- полуденная линия (NOS) совпадает с горизонтальным диаметром ВНС;
- ось Мира ($P_N OP_S$) наклонена к полуденной линии на угол φ_N ($\sim 60^\circ N$).

Нанесем на ВНС светило (σ) и проведем его небесный меридиан ($P_N \sigma P_S$).

Нанесем на ВНС положение точки « Υ » и проведем ее небесный меридиан ($P_N \Upsilon P_S$).

Место светила на ВНС определяется склонением светила (δ) и его прямым восхождением (α).

Склонение светила (δ) → это та же самая координата, что и в I ЭС.СКС (двугранный угол при центре небесной сферы между плоскостью небесного экватора и направлением на светило; измеряется дугой меридиана светила от небесного экватора до видимого места светила в пределах от 0° до 90° ; имеет наименование как географическая широта N или S и показывает положение небесной параллели светила).

Прямое восхождение светила (α) → это двугранный угол при центре сферы между плоскостью небесного меридиана точки « Υ » и плоскостью небесного меридиана светила, который измеряется дугой небесного экватора от небесного меридиана точки « Υ » до небесного меридиана светила в пределах от 0° до 360° в сторону, обратную счету обыкновенных (вестовых) часовых углов (в сторону фактического вращения Земли вокруг своей оси).

Положение небесного меридиана светила относительно небесного меридиана точки Овна можно определить также дугой небесного экватора от точки « Υ » до меридиана светила считаемой одинаково со счетом обыкновенных (вестовых) часовых углов (в сторону видимого движения светил).

Эта величина называется **звездным дополнением (τ^*)**.

Так как направления счета прямого восхождения светила (α) и звездного дополнения (τ^*) противоположны, а точка « Υ » является общим началом их счета, то можно записать, что:

$$\tau^* = 360^\circ - \alpha \quad (2.5)$$

Звездное дополнение светила (τ^*) измеряется дугой небесного экватора от точки « Υ » в сторону счета (вестовых) или (обыкновенных) часовых углов от 0° до 360° .

Так как точка « Υ » вращается вместе с небесной сферой, то α (τ^*) – не зависят ни от места наблюдателя, ни от вращения Земли относительно своей оси.

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).

Вторая экваториальная система сферических координат светил используется для нанесения небесных светил на «звездный глобус». Она удобна для составления карт звездного неба и для расчета часовых углов в первой экваториальной системе.

Между первой и второй экваториальными системами сферических координат светил существует зависимость, которую можно записать как (рис. 2.8):

$$\left. \begin{aligned} t_w \Upsilon &= t_w^* + \alpha^* \\ \alpha^* &= t_w \Upsilon - t_w^* \\ t_w^* &= t_w \Upsilon - \alpha^* \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

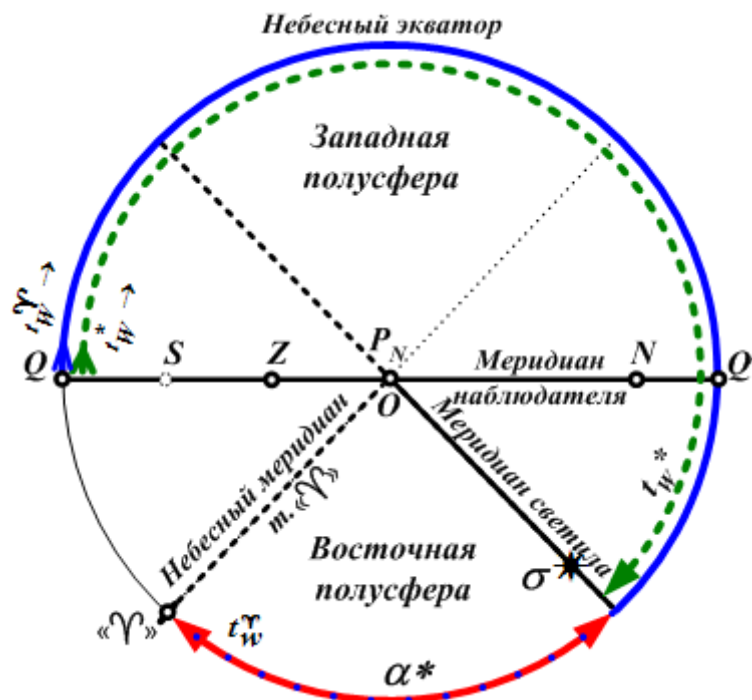


Рис. 2.8. Взаимосвязь экваториальных координат светил

Экваториальные координаты светил (II ЭССКС):

- склонение (δ);
- прямое восхождение (α);
- звездное дополнение (τ^*)

не измеряются, а выбираются из «Морского Астрономического Ежегодника» (МАЕ), где они определены с высокой точностью (на 1-е число каждого месяца текущего года для 160 *навигационных звезд* см. МАЕ таблица «Звезды. Видимые места» на с. 270÷275 (и Приложение 2.)

Примечание:

1. Экваториальные координаты (τ^* и δ^*) 50-ти основных навигационных звезд и *Полярная на каждый год (с 1997 по 2017) приведены в таблице 3.9а $\rightarrow \tau^*$ и 3.9б $\rightarrow \delta^*$ на с. 343÷346 «МТ - 2000».

Точность вычислений звездных дополнений (τ^*) и склонений (δ^*) по этим таблицам (экстраполяцией данных) составляет $\pm 0,3' \div \pm 0,5'$.

2.5. Эклиптическая система сферических координат светил

Эклиптическая система координат светил ориентирована в пространстве относительно **оси эклиптики (RR')**.

Основными плоскостями в этой системе являются:

- *плоскость эклиптики;*
- *круг широты* \rightarrow большой круг, проходящий через полюсы эклиптики (тт. R и R') и светило (т. σ).

Координатами светила в эклиптической системе сферических координат являются:

- *широта светила (β);*
- *долгота светила (λ).*

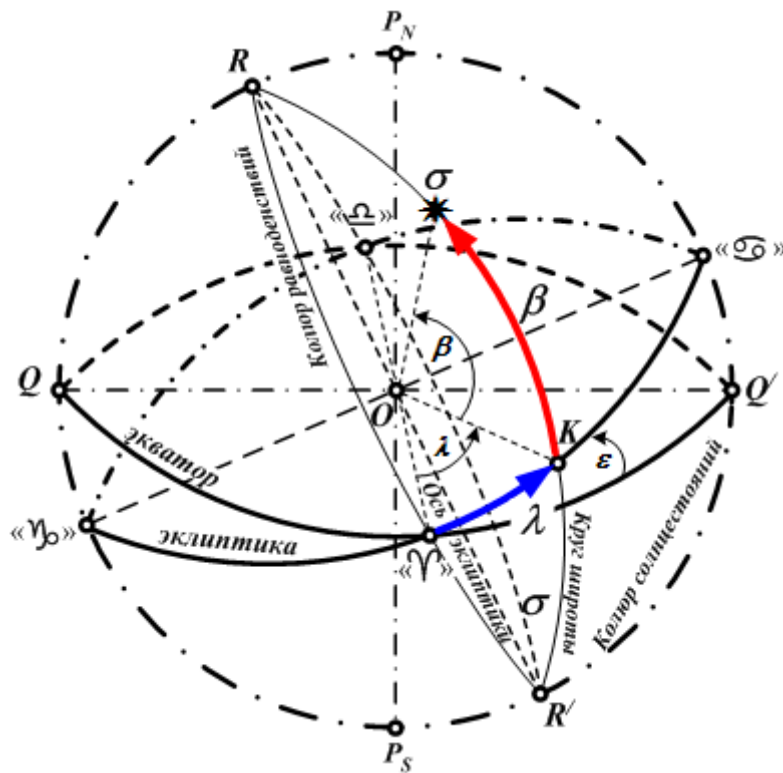


Рис. 2.9. Эклиптическая система сферических координат светил

Широта светила – (β) → это двухгранный угол при центре сферы между плоскостью эклиптики и направлением на светило.

Широта светила измеряется дугой круга широты от эклиптики до места светила. Пределы измерения широты светила от 0° (светило на эклиптике) до 90° (светило в полюсе эклиптики). Широта светила имеет наименование:

- северная широта (от эклиптики к т. R) считается положительной (знак «+»);
- южная широта (от эклиптики к т. R') считается отрицательной (знак «-»).

Долгота светила – (λ) → это двугранный угол при центре сферы между направлениями на точку Овна (т. « γ ») и точку пересечения эклиптики с кругом широты светила (т. K).

Долгота светила измеряется дугой эклиптики, отсчитанной от точки Овна (т. « γ ») в направлении собственного движения Солнца до круга широты данного светила. Пределы измерения долготы светила от 0° до 360° .

В эклиптической системе сферических координат примечательны два круга широты:

1. – **колюр равноденствий** – круг широты, проходящий через равноденственные точки (точку Овна « γ ») и точку Весов « ζ »);
2. – **колюр солнцестояний** – круг широты, проходящий через точки солнцестояний (точку Рака « σ ») и точку Козерога « ν »).

Широта (β) и долгота (λ) светила в эклиптической системе координат широкого практического применения не имеют.

Эклиптическая система координат применяется в теоретической астрономии при изучении орбит небесных светил и в астрофизике.

Широты звезд с течением времени не изменяются, долготы же у всех звезд увеличиваются одинаково на **50,2" в год**.

В практической астрономии применяются только горизонтная и экваториальные системы сферических координат светил.

2.6. Изменение сферических координат светил

Все светила постоянно изменяют свое местоположение на небесной сфере. А это означает, что и **сферические координаты светил тоже постоянно изменяются.**

Причинами изменения сферических координат светил **являются:**

- *суточное вращение Земли;*
- *собственное движение светил по своим орбитам;*
- *перемещение наблюдателя по поверхности Земли.*

2.6.1. Изменение координат светил вследствие суточного вращения Земли

Направление **вращения** Земли вокруг своей оси с **запада на восток** (против хода часовой стрелки со стороны P_N) **принято называть прямым.**

Кажущееся движение светил вокруг Земли с востока на запад (по часовой стрелке со стороны P_N) **принято называть видимым суточным движением светил** (рис. 2.10).

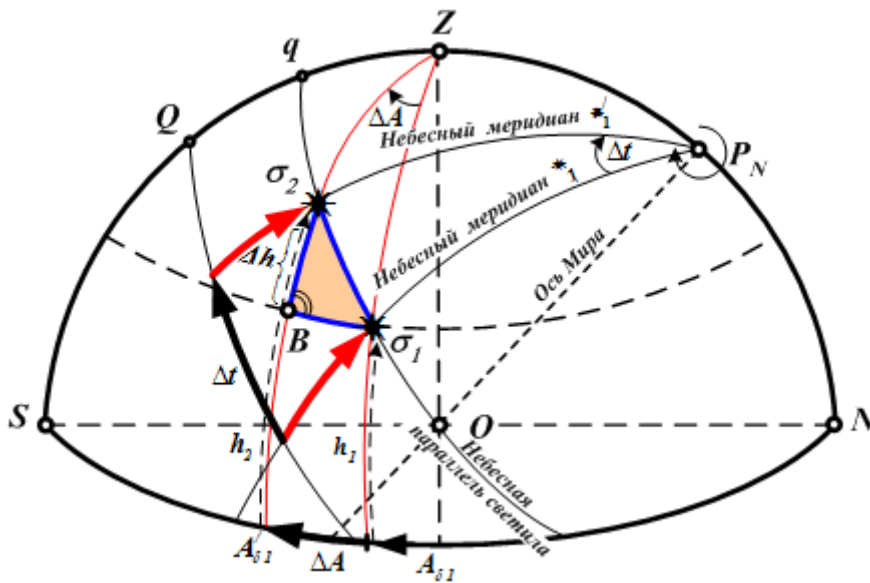


Рис. 2.10. Изменение координат светил вследствие суточного вращения Земли

Для практических целей мореходной астрономии с достаточной степенью точности **вращение Земли можно считать равномерным.** При этом условии перемещение небесного меридиана любого светила за одинаковые промежутки времени одинаково.

Положение меридиана светила на небесной сфере определяется часовым углом. Значит, t_w **любого светила в течении суток непрерывно и равномерно (примерно равномерно) увеличивается от 0° до 360° , т.е. за 1 час t_w изменится на 15° , за 1 мин. – на $15'$.** Такое изменение t_w можно выразить формулой:

$$\Delta t' = 15' \cdot \Delta T \text{ (мин)} \quad (2.7)$$

Видимое суточное движение светил происходит по небесным параллелям (рис. 2.10), для которых **склонение светила (δ) – величина постоянная ($\delta_1 = \delta_1'$)** → (рис. 2.10). Поэтому, склонение светил при их видимом суточном движении не изменяется. То есть:

$$\delta = \text{const} \quad (2.8)$$

Точка Овна (γ), от которой отсчитывается прямое восхождение (α), **движется** в течении суток вместе с ВНС. Следовательно, при видимом суточном движении **α светил тоже не изменяется**, т.е.

$$\alpha = \text{const} \quad (2.9)$$

Высота светила (h) при видимом суточном движении светил **непрерывно и неравномерно** изменяется. Это изменение высоты можно найти из треугольника $\sigma_1 B \sigma_2$ (рис. 2.10).

$$\Delta h_T = \Delta t \cdot \cos \varphi \cdot \sin \Delta A \quad (2.10)$$

В «МТ-75» в таблице № 17 дано изменение h за 10 секунд времени (с. 230). В «МТ-2000» в таблице № 3.33 дано изменение h за 1 минуту времени (с. 366). $\Delta h_{\max} = 15'$ при $\varphi = 0^\circ$ и $A = 90^\circ$.

Азимут светила (A) при видимом суточном движении также **непрерывно и неравномерно** изменяется. Это изменение азимута можно найти из треугольника $\sigma_1 B \sigma_2$.

$$\Delta A = \Delta t \cdot (\sin \varphi - \operatorname{tg} h \cdot \cos \varphi \cdot \cos A) \quad (2.11)$$

В «МТ-75» в таблице № 18 дано изменение азимута светила за 10 секунд времени (с. 232-233). В «МТ-2000» в таблице № 3.34 дано изменение азимута светила за 1 минуту времени (с. 367-369). $\Delta A_{\max} \approx 3^\circ$ при $A = 0^\circ$ или 180° и $h = 85^\circ$.

Высота светила на I-м вертикале изменяется *max*, а при *кульминации* – *min*.

Азимут светила медленнее всего изменяется от восхода до I-го вертикала. При $A = 180^\circ(0^\circ)$ изменение азимута будет наибольшим.

2.6.2. Изменение координат светил вследствие собственного движения светил по своим орбитам

Хотя пространственная скорость звезды (ее движение в космосе по отношению к Земле) составляет многие км/с, но ее собственное движение, или изменение своего углового положения по отношению к другим звездам очень мало.

Среднее собственное движение всех звезд, видимых на небесной сфере $\ll 0,1$ год. Самая «торопливая» из звезд (*Барнарда созвездия Змееносца) проходит по небу расстояние, равное поперечнику Луны, лишь за 200 лет.

МАЕ учитывает это изменение. *Например* (см. табл. 2.1.):

Таблица 2.1.

| | | на 1.08.1985 г. | на 1.08.1986 г. | на 1.09.1986 г. | на 1.09.2000 г. |
|----------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| * α Андромеды | α | 1°54,6' | 1°55,4' | 1°55,6' | 2°06,5' |
| | δ | 29°00,5'N | 29°00,9'N | 29°01,0'N | 29°05,6'N |

Так как **Солнце, Луна и планеты имеют собственное видимое движение**, то их сферические координаты (t , δ , α) изменяются также непрерывно и неравномерно, но по более сложным законам, чем изменяются координаты у звезд. *Например* (см. табл. 2.2.):

Таблица 2.2.

| | | на 1.08.1985 г. | на 1.08.1986 г. | на 1.09.1986 г. | на 1.09.2000 г. |
|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Венера | t_{GP} | 221°14,3' | 135°57,1' | 138°24,5' | 159°04,1' |
| | δ | 21°36,8'N | 3°14,1'N | 11°47,0'S | 0°35,5'N |

Эти изменения также учтены и приведены в МАЕ.

2.6.3. Изменение координат светил вследствие перемещения наблюдателя (судна) по поверхности Земли

На движущемся судне плоскость истинного горизонта наблюдателя (ИГН) все время как бы наклоняется вперед по движению судна. По этой причине **высоты светил расположенных впереди траверза судна (\perp)** \rightarrow **увеличиваются**, а **позади \perp** \rightarrow **уменьшаются**. Вполне очевидно, что скорость изменения высоты светила **зависит от скорости хода судна (V) и курсового угла на светило** (рис. 2.11).

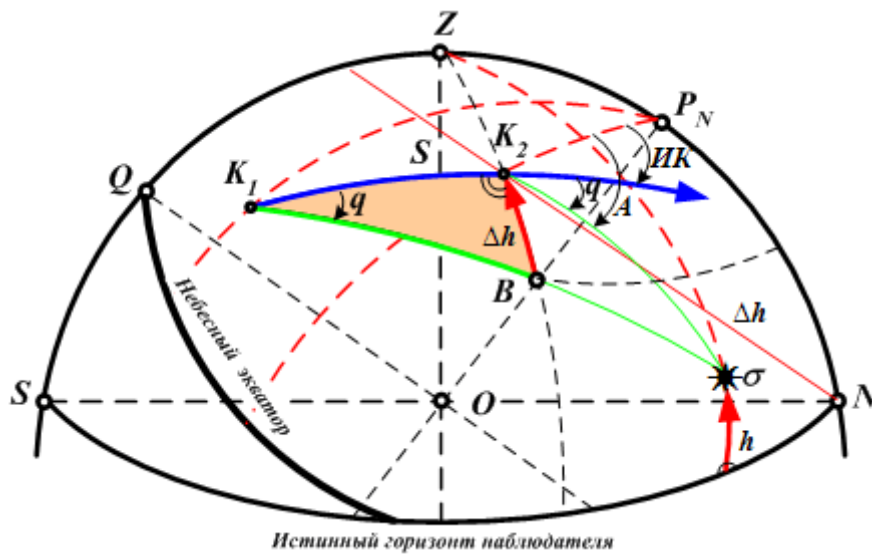


Рис. 2.11. Изменение координат светил из-за перемещения судна

Изменение высоты светила за перемещение судна можно определить из треугольника K_1BK_2 где:

- $K_1K_2 = S \rightarrow$ пройденное судном расстояние;
- $K_2B = \Delta h \rightarrow$ изменение высоты светила;
- $\angle K_2K_1B = q \rightarrow$ курсовой угол на светило (положение светила на ВНС считаем неизменным).

Из-за малости, сферический треугольник K_1BK_2 можно принять за прямоугольный, тогда:

$$\Delta h_z = K_1K_2 \cdot \cos q = S \cdot \cos(A_K - ИК) \quad (2.12)$$

Выразив скорость судна в узлах, а промежуток времени взять равным 1 мин, получим формулу:

$$\Delta h_v = (V/60) \cdot \cos(A_{KP} - ИК), \quad (2.13)$$

т.е. изменение высоты светила за 1 мин.

По этой формуле составлена таблица № 16 «МТ-75» на с. 229 и таблица № 3.32 «МТ-2000» на с. 365. $\Delta h_{\max} \rightarrow$ на $KУ = 0^\circ(180^\circ)$; на $KУ = 90^\circ(270^\circ) \rightarrow \Delta h_v = 0$. Такие же таблицы есть и в «ВАС-58» (левая обложка) и в «ТВА-57» (табл. № 7 на с. 28).

Таким образом на движущемся судне изменение высоты светила будет состоять из 2-х величин:

- Δh_T – учитывающей видимое суточное движение светила
- Δh_z – учитывающей перемещение судна.

$$\Delta h_{\text{общ}} = \Delta h_T + \Delta h_z \quad (2.14)$$

Примечание:

Причиной изменения положения земной орбиты и оси вращения Земли в пространстве является гравитационное воздействие Солнца, Луны и планет.

Под влиянием притяжения Солнца и Луны ось вращения Земли совершает медленное вековое прецессионное движение с периодом 25.700 лет (скорость $\sim 50'$ в год), вследствие чего полюс Мира описывает около полюса эклиптики малый круг сферическим радиусом $\sim 23,5^\circ$, смещаясь в сторону, обратную годовому движению Солнца.

Прецессия земной оси \rightarrow ее перемещение в пространстве под влиянием гравитационного воздействия главным образом Луны, а также Солнца. Плоскость эклиптики своего положения не изменяет. Изменяется лишь плоскость экватора.

По причине лунно-солнечной прецессии и притяжения планет **направление на точку Овна (т. « γ »)** непрерывно меняется в сторону вращения небесной сферы ($\sim 50,3''$ в год). Со времени создания

научной астрономии в древнем мире точка Овна (т. « γ ») переместилась из созвездия Овна и сейчас находится в созвездии Рыб.

В настоящее время полюс Мира (P_N) находится вблизи звезды α Малой Медведицы (* Полярная, № 160).

~ 4.000 лет назад ближе всех звезд к Северному полюсу Мира (т. P_N) находилась звезда α Дракона (между * ρ Большой Медведицы и * β Малой Медведицы).

Через ~ 12.000 лет ближайшей к Северному полюсу Мира (т. P_N) будет звезда α Лиры (* Вега, № 139), одна из самых ярких звезд Северного полушария.

Явление прецессии было открыто во II веке до н.э. греческим астрономом Гиппархом, а теоретическое объяснение этого явления дал английский математик Исаак Ньютон (1642÷1727 гг.).

Причины, вызывающие лунно-солнечную прецессию, приводят также к вариации прецессионного движения, именуемой *нутацией земной оси*, которая имеет короткопериодический характер (по часовой стрелке с периодом 18,6 года) и малые амплитуды (~'9), вследствие чего земная ось описывает в пространстве не чисто коническую, а волнисто-коническую поверхность.

Прецессия и нутация земной оси и вызывают изменения сферических координат светил.

2.6.4. Методика построения вспомогательной небесной сферы для широты конкретного наблюдателя и нанесения на нее светил по их координатам

1. Для построения ВНС для заданной широты (φ) наблюдателя необходимо (рис.2.12):

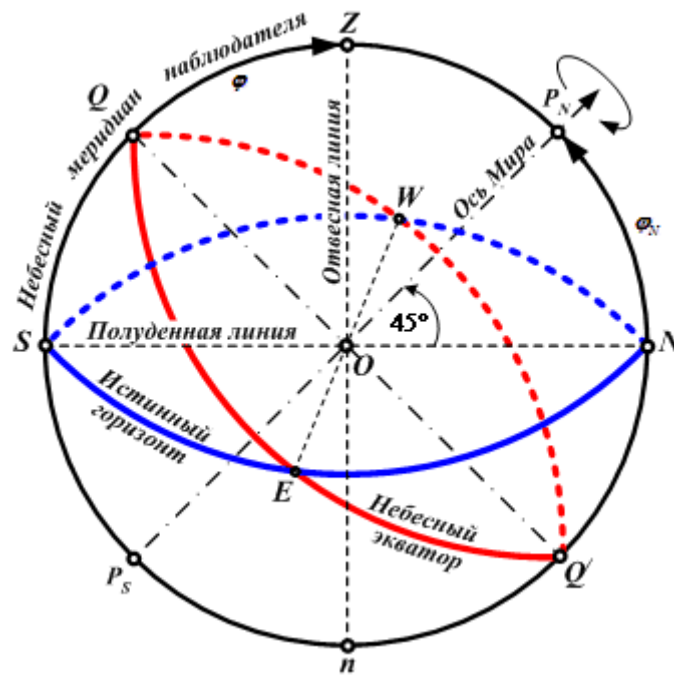


Рис. 2.12. Построение ВНС для заданной широты

- a. – провести окружность произвольного (~ 5 см) радиуса – *небесный меридиан наблюдателя*;
- b. – через центр окружности (т. O) провести (пунктиром) вертикальную прямую – *отвесная линия*. Верхняя точка пересечения ее с окружностью – т. Z – *зенит наблюдателя*; нижняя – т. n – *надир*;
- c. – через центр окружности (т. O) перпендикулярно отвесной линии провести (пунктиром) прямую линию – *полуденная линия*. Правая точка пересечения ее с окружностью (для северного полушария) – т. N; левая – т. S.

- d. – на базе полуденной линии (как диаметре) строим окружность – *истинный горизонт наблюдателя*.
- e. – для заданной широты ($45^\circ N$) от линии ON вверх откладываем значение этого угла (45°) и через т. O проводим (штрих-пунктиром) прямую линию – *ось Мира*: верхняя точка пересечения ее с первой окружностью – т. P_N – *повышенный полюс Мира*; нижняя – т. P_S – *пониженный полюс Мира*. При т. P_N стрелкой указываем (по часовой стрелке) направление видимого суточного движения светил;
- f. – через т. O перпендикулярно оси Мира проводим (штрих-пунктиром) прямую линию QQ' – диаметр небесного экватора и на его базе строим окружность – *небесный экватор*. Точки пересечения небесного экватора с истинным горизонтом дают нам линию EW . $\angle QOZ \sim \varphi$, $\angle ZOP_N \sim 90^\circ - \varphi$, $\angle P_NON \sim \varphi$.
2. Для нанесения на ВНС видимого места светила по высоте (h) и азимуту (A) необходимо (рис. 2.13):

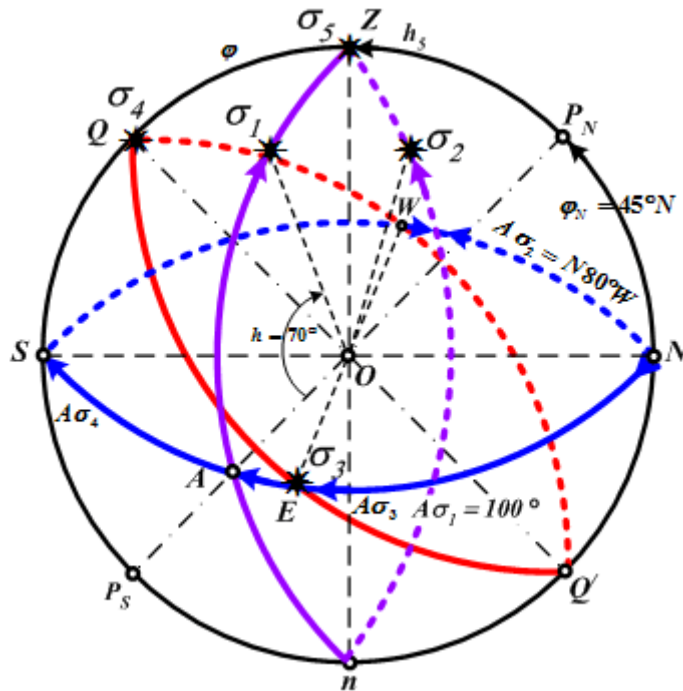


Рис. 2.13. Нанесение светила на ВНС по высоте (h) и азимуту (A)

- a. – выполнить п. 1a ÷ e ($\varphi = 45^\circ N$);
- b. – значение заданного азимута светила ($A_c = N100^\circ E = 100^\circ$) отложить от т. N по линии истинного горизонта \rightarrow т. A ;
- c. – через т. A провести вертикал светила (ZAn);
- d. – от т. A по вертикалу светила (вверх) отложить значение заданной высоты светила ($h_c = 70^\circ$) – т. σ_1 .

Примечание:

5. $\sigma_2 - A = N 80^\circ W = 280^\circ$, $h_c = 45^\circ$.
6. $\sigma_3 - A = N 90^\circ E = 90^\circ$, $h_c = 0^\circ$.
7. $\sigma_4 - A = N 180^\circ E = 180^\circ$, $h_c = 45^\circ$.
8. $\sigma_5 - A = 0 \div 360^\circ$, $h_c = 90^\circ$.

Для нанесения на ВНС видимого места светила по местному часовому углу (t_M) и склонению (δ) необходимо (рис. 2.14):

- выполнить п. 1a ÷ e (для заданной широты $70^\circ N$);
- a. – значение заданного местного часового угла светила ($t_M = 250^\circ$) отложить от т. Q по линии небесного экватора (в сторону W) – т. B ;
- b. – через т. B провести меридиан светила P_NBP_S ;

- с. – от т. B по меридиану светила (к т. P_N – при δ_N ; к т. P_S – при δ_S) отложить значение заданного склонения светила ($\delta_l = 70^\circ N$) – т. σ_l .

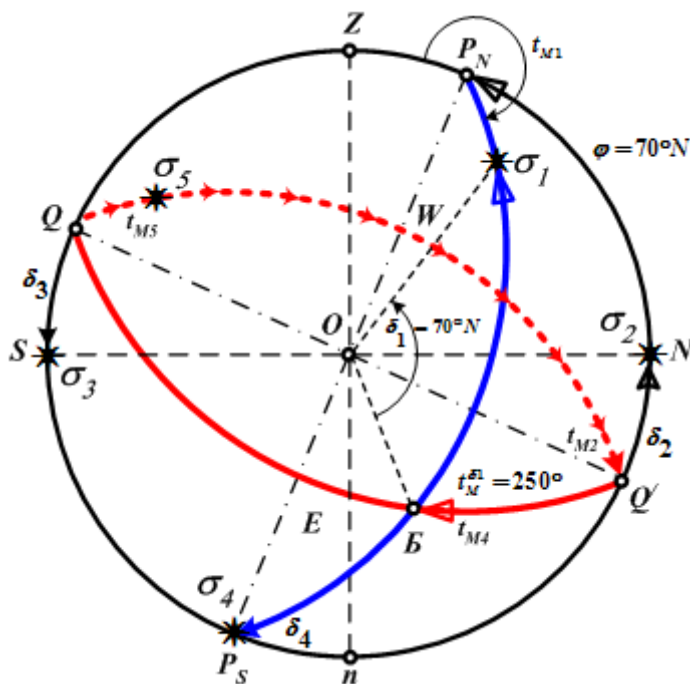


Рис. 2.14. Нанесение светила на ВНС по местному часовому углу (t_M) и склонению (δ)

Примечание:

4. $\sigma_2 - t_{M2} = 180^\circ$, $\delta_2 = 20^\circ N$.
5. $\sigma_3 - t_{M3} = 0^\circ$, $\delta_3 = 20^\circ S$.
6. $\sigma_4 - t_{M4} = 250^\circ$, $\delta_4 = 90^\circ S$.
7. $\sigma_5 - t_{M5} = 20^\circ$, $\delta_5 = 0^\circ$.

Для нанесения на ВНС видимого места светила по прямому восхождению (α) и склонению (δ) необходимо (рис. 2.15):

- . – выполнить п. 1а ÷ е (для $\varphi = 60^\circ N$);
- а. – по значению местного часового угла точки Овна ($t_M \Upsilon = 340^\circ$) – нанести ее на ВНС – т. « Υ »;
- б. – значение заданного прямого восхождения светила ($\alpha_l = 100^\circ$) отложить от т. « Υ » по линии небесного экватора (вправо – навстречу счету t_M) – т. C ;
- с. – через т. C провести меридиан светила $P_N C P_S$;
- д. – от т. C по меридиану светила (к т. P_N – при δ_N ; к т. P_S – при δ_S) отложить значение заданного склонения светила ($\delta_l = 30^\circ N$) – т. σ_l .

Примечание:

5. $\sigma_2 \rightarrow \alpha_2 = 340^\circ$, $\delta_2 = 0^\circ$.
6. $\sigma_3 \rightarrow \alpha_3 = 340^\circ$, $\delta_3 = 60^\circ N$.
7. $\sigma_4 \rightarrow \alpha_4 = 160^\circ$, $\delta_4 = 30^\circ N$.
8. $\sigma_5 \rightarrow \alpha_5 = 160^\circ$, $\delta_5 = 0^\circ$.

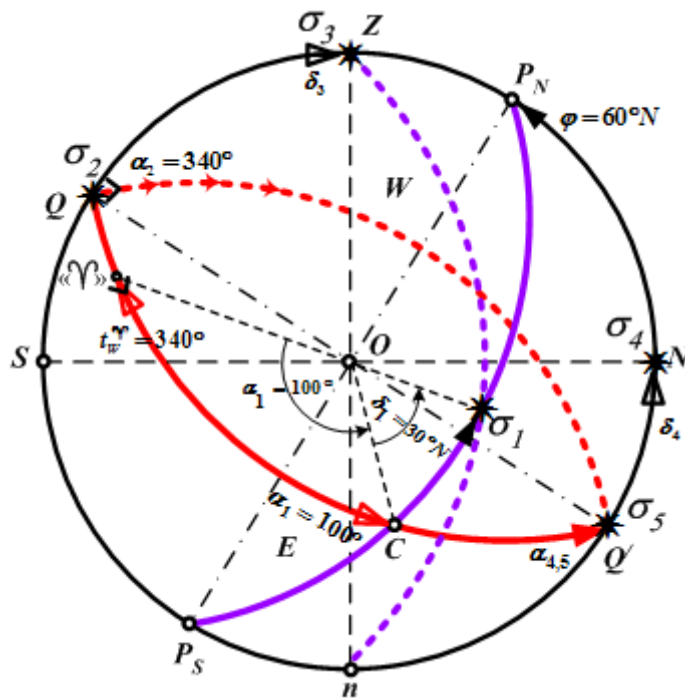


Рис. 2.15. Нанесение светила на ВНС по прямому восхождению (α) и склонению (δ)
 2.6.5. Условия задач для нанесения светил на ВНС и расчета их сферических координат

1. Нанесение на ВНС видимых мест звезд по азимуту и высоте (для $\varphi = 35^\circ N$)

| Звезда | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* |
|--------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A_c | $50^\circ NE$ | $80^\circ SE$ | $50^\circ NW$ | $0,5^\circ SW$ | $N100^\circ E$ | $S130^\circ E$ | $S130^\circ W$ |
| h_c | 60° | 75° | 1° | 55° | 0° | 10° | 45° |

2. Нанесение на ВНС видимых мест звезд по местному часовому углу и склонению (для $\varphi = 60^\circ N$)

| Звезда | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* |
|----------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| t_M | $50^\circ E$ | $165^\circ E$ | $120^\circ W$ | $15^\circ W$ | $180^\circ W$ | $50^\circ E$ | $310^\circ W$ |
| δ | $45^\circ N$ | $30^\circ S$ | 0° | $30^\circ S$ | $30^\circ N$ | $45^\circ S$ | $45^\circ N$ |

3. Нанесение на ВНС видимых мест звезд по прямому восхождению и склонению (для $\varphi = 60^\circ N$ и $t_M \Upsilon = 50^\circ E$)

| Звезда | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* | 6* | 7* |
|----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | 60° | 350° | 290° | 150° | 130° | 310° | 130° |
| δ | $40^\circ N$ | $30^\circ S$ | 0° | $45^\circ S$ | $30^\circ N$ | $60^\circ N$ | $60^\circ S$ |

4. Расчет сферических координат светил на ВНС

| № п/п | ДАНО | | | | | | | ОТВЕТ | | | | | |
|-------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------|------------|---------------|------------|---------------|--------------|--------------|----------------|----------|
| | φ | δ | t_M^* | $t_M \Upsilon$ | α | h | A | h | A | δ | t_M^* | $t_M \Upsilon$ | α |
| 1 | $60^\circ S$ | – | – | – | – | 50° | $80^\circ NE$ | – | – | $40^\circ S$ | $50^\circ E$ | – | – |
| 2 | $30^\circ S$ | $12^\circ N$ | $55^\circ E$ | – | – | – | – | 20° | $60^\circ NE$ | – | – | – | – |
| 3 | $55^\circ N$ | $60^\circ N$ | $135^\circ W$ | – | – | – | – | 30° | $25^\circ NW$ | – | – | – | – |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|-------|------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| 4 | 20°N | – | – | – | – | 25° | 50°NE | – | – | 45°N | 75°E | – | – |
| 5 | 50°N | – | 30°W | – | – | – | 30°SW | 15° | – | 15°S | – | – | – |
| 6 | 45°S | – | 60°E | – | – | – | 75°NE | 30° | – | 15°S | – | – | – |
| 7 | 50°N | – | 50°W | – | – | 30° | – | – | 65°SW | 10°N | – | – | – |
| 8 | 35°S | – | 40°E | – | – | 35° | – | – | 50°NE | 0° | – | – | – |
| 9 | 40°N | 20°N | – | 30°W | 60° | – | – | 60° | 60°SE | – | 30°E | – | – |
| 10 | 70°N | – | – | – | 15° | 35° | 80°NW | – | – | 35°N | 85°W | 100° | – |
| 11 | 25°S | 5°N | – | 105° | 210° | – | – | –15° | 85°NW | – | 105°E | – | – |
| 12 | 50°S | 25°S | 70°E | – | 150° | – | – | 30° | 90°NE | – | – | 80° | – |
| 13 | 0° | – | – | 240° | – | 30° | 45°SE | – | – | 40°S | 50°E | – | 290° |
| 14 | 60°N | 10°S | 120°E | 30° | – | – | – | –25° | 65°NE | – | – | – | 150° |

Выводы

1. Положение светил на небесной сфере определяется их сферическими координатами:
 - A и h – в горизонтной системе с.к.с.;
 - δ и t – в I-й экваториальной системе с.к.с.;
 - δ и α (τ^*) – во II-й экваториальной системе с.к.с.
2. Координаты A и h определяют положение на небесной сфере любого светила.
3. Координаты δ и t определяют положение на небесной сфере только Солнца, Луны, 4-х навигационных планет и точки Овна.
4. Координаты δ и α (τ^*) определяют положение на небесной сфере любой из 160 навигационных звезд.
5. Эклиптическая система координат светил (β – широта светила, λ – долгота светила) в мореходной астрономии не применяется (применяется в теоретической астрономии при изучении орбит небесных светил и в астрофизике).
6. Для расчета точных значений сферических координат светил используются специальные таблицы (МАЕ, ВАС, ТВА, МТ и др.), а также специальная вычислительная техника.
7. Причинами изменения сферических координат светил являются:
 - суточное вращение Земли;
 - собственное движение светил по своим орбитам;
 - перемещение наблюдателя (судна) по поверхности Земли.
8. Знание сферических координат светил и умение их рассчитывать необходимо для астрономического определения места судна в море.

ГЛАВА 3. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

3.1. Видимое суточное движение небесных светил

3.1.1 Общая характеристика суточного движения звезд

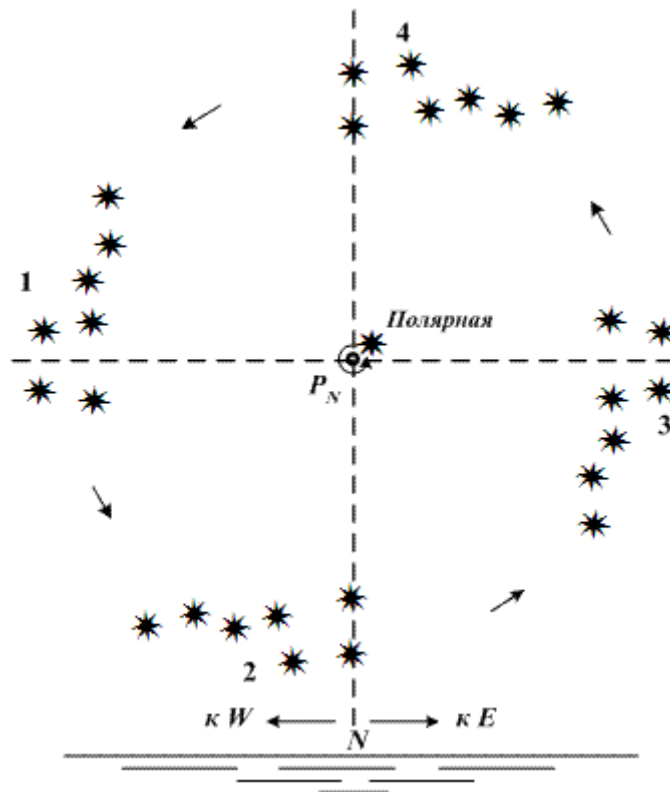


Рис. 3.1. Суточное движение небесных светил

Все звезды, не изменяя взаимных расположений относительно друг друга, **непрерывно перемещаются по небесной сфере**. Большинство звезд перемещается с востока (E) на запад (W), но некоторые звезды (*незаходящие*) могут в определенный период двигаться с запада (W) на восток (E). На рис. 3.1 показано суточное движение созвездия **Большая Медведица**, которое для наблюдателя, находящегося в северном полушарии, является незаходящим. Наблюдатель видит созвездие Большая Медведица в направлении севера (N).

На участке от положения 3 до положения 1 созвездие перемещается с востока (E) на запад (W), а на участке 1÷3 движется с запада (W) на восток (E).

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 (рис. 3.2).

Это движение называется **видимым суточным движением сферы**.

Суточное видимое движение сферы направлено по часовой стрелке, если смотреть на сферу со стороны северного полюса Мира P_N .

При суточном движении сферы **отвесная линия** (ZOn), **горизонт** ($NESW$) и **меридиан наблюдателя** ($P_NQ'P_SQ$) **остаются** в течение суток **неподвижными**, пока наблюдатель не изменит своего местоположения.

Вследствие суточного движения небесной сферы все светила, вращаясь вместе со сферой, движутся 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 ($P_NQ'P_SQ$).

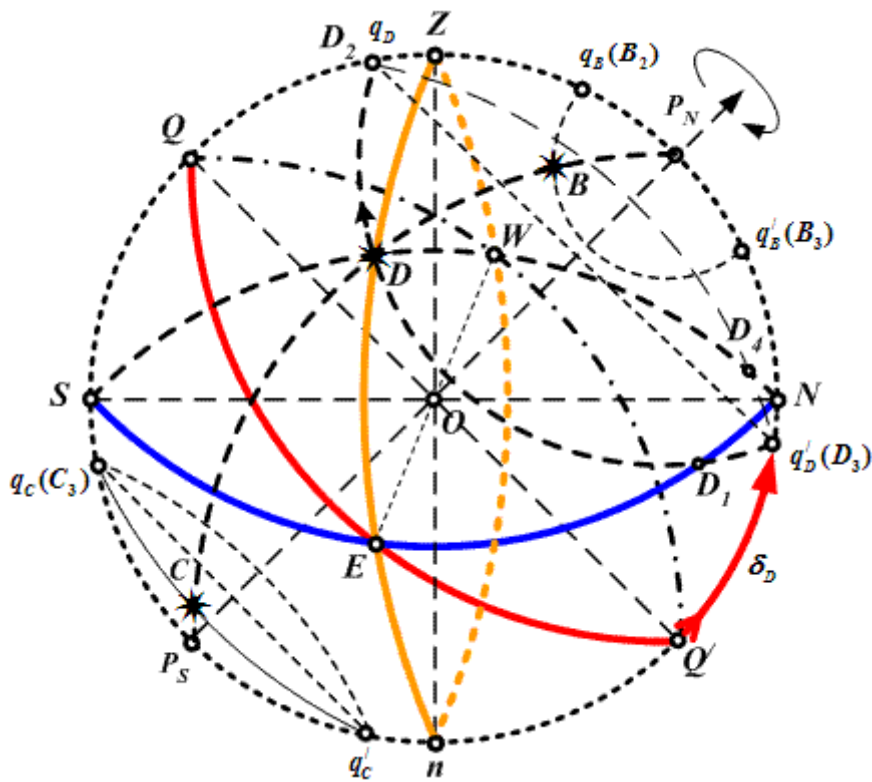


Рис. 3.2. Характеристика суточного видимого движения светил

Отметим некоторые положения, которые занимают светила в течение суток (рис. 3.2).

1. **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 $D_1D_2D_4$), а часть пути ниже линии истинного горизонта наблюдателя и для наблюдателя не видимо (участок $D_4D_3D_1$).

2. **Светило B .** Параллель этого светила ($q'_B B q_B$) 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).
3. **Светило C .** Параллель этого светила ($q'_C C q_C$) не достигает истинного горизонта наблюдателя даже в момент своей верхней кульминации (т. C_3), следовательно, это светило **не восходящее** 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).

3.1.2. Условие восхода и захода небесных светил

Построим проекцию небесной сферы на истинный меридиан наблюдателя со стороны точки E (рис. 3.3). При этом истинный горизонт наблюдателя (NOS), небесные экватор (QOQ') и параллели светил изобразятся прямыми линиями.

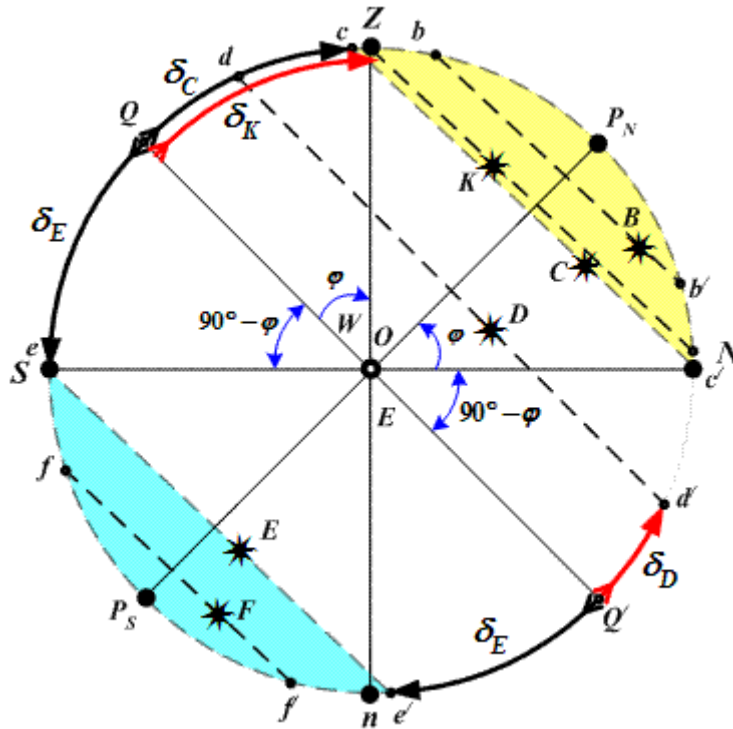


Рис. 3.3. Условие восхода (захода) светил

Небесная параллель светила D ($d'Dd$) будет располагаться частично выше истинного горизонта наблюдателя, частично – ниже его. Для этого светила получим условие пересечения горизонта: $\cup Q'd' < \cup Q'N$, то есть:

$$\delta_D < 90^\circ - \varphi$$

так как $\cup Q'd' = \delta_D$, а $\cup Q'N = 90^\circ - \varphi$.

Таким образом, общим условием восхода и захода светила является неравенство:

$$\delta^* < 90^\circ - \varphi \quad (3.1)$$

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 (\dagger) 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. e) 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 **не заходящим**.

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

3.1.3. Условие прохождения небесного светила через зенит наблюдателя

Через зенит наблюдателя проходят те светила, которые имеют склонение (δ), равное широте наблюдателя (φ) и одноименное с ней, то есть

$$\delta = \varphi \text{ и одноименных} \quad (3.2)$$

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

3.2. Особенности видимого суточного движения небесных светил

3.2.1. Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$) → рис. 3.4

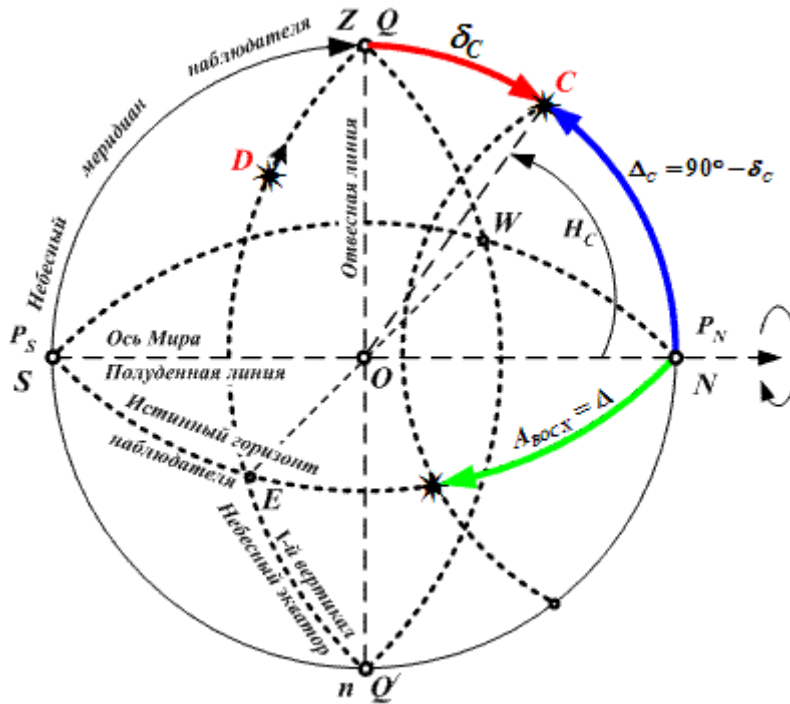


Рис. 3.4. Видимое суточное движение светил для $\varphi = 0^\circ$

При условии нахождения наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$) полюсы Мира P_N и P_S совпадают с одноименными точками горизонта N и S ; ось Мира ($P_N P_S$) совпадает с полуденной линией (NS), а небесный экватор (QQ') совпадает с первым вертикалом ($ZEnW$).

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

1. – 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;
2. – 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 $h = 90^\circ$.
3. – в момент верхней кульминации у всех светил меридиональная высота H равна значению полярного расстояния этих светил, то есть

$$H = \Delta = 90^\circ - \delta \quad (3.3)$$

$$4. \quad (\text{для светила } C \rightarrow H_c = \Delta_c = 90^\circ - \delta_c);$$

5. – азимуты восхода и захода светил равны их полярным расстояниям, то есть

$$A_{\text{вос(зах)}} = \Delta = 90^\circ - \delta \quad (3.4)$$

6. – 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;
7. – высоты светил изменяются быстрее всего около их восхода или захода, а медленнее → около верхних кульминаций светил.

3.2.2. Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ N$ или $\varphi = 90^\circ S$) (рис. 3.5)

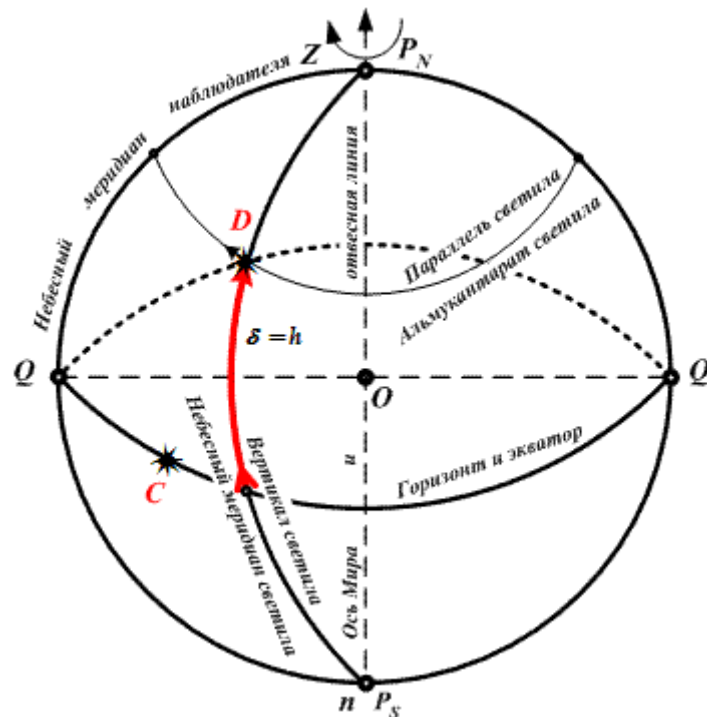


Рис. 3.5. Видимое суточное движение светил для $\varphi = 90^\circ N$

При условии нахождения наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ$) повышенный полюс Мира (P_N для Северного полушария при $\varphi = 90^\circ N$) совпадает с точкой зенита наблюдателя (Z), а пониженный полюс Мира → с точкой надир (n). Ось Мира ($P_N P_S$) совпадает с отвесной линией наблюдателя ($Z O n$), а это означает, что для данного наблюдателя нет точек N, E, S, W горизонта, то есть любое направление для наблюдателя с т. P_N будет на юг S (с т. P_S – на север N).

Небесный экватор совпадает с истинным горизонтом наблюдателя, небесные параллели светил совпадают с их альмукантаратами, а небесные меридианы светил → с их вертикалами.

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

1. – высота светила всегда равна его склонению, то есть

$$h = \delta \quad (3.5)$$

2. и не изменяется в течение суток, поэтому нет **верхних и нижних кульминаций**;
3. – все светила не восходят и не заходят, так как $(90^\circ - \varphi) = 0$ и $\delta > 0$;
4. – 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 C движется по истинному горизонту наблюдателя.

3.3. Видимое годовое движение Солнца

3.3.1. Общая характеристика Солнца

Солнце → это самая близкая к Земле звезда – звезда главной последовательности – неизменно светит уже в течение примерно 5 млрд. лет и будет продолжать также светить еще > 5 млрд. лет.

Солнце это пылающий огненный шар объемом в 1 300 тыс. раз больше Земли.

Полная **мощность лучистого солнечного потока** равна $3,86 \cdot 10^{23} \text{ кВт}$, что эквивалентно 3.830 миллиардов триллионов 100 Вт электрических лампочек светящих одновременно.

Количество излучаемой Солнцем энергии более чем в 2 миллиарда раз превышает то, которое подходит от него к Земле (вся энергия Солнца способна довести до кипения всю воду Мирового океана Земли за 1 секунду).

Источником энергии Солнца является термоядерная реакция перехода водорода в гелий. Сгорание водорода на Солнце идет со скоростью ~ 5 миллионов тонн в секунду. При таком расходе водорода общая продолжительность «жизни» Солнца может достигать > 10 миллиардов лет.

Среднее расстояние между Землей и Солнцем составляет около 150 миллионов км. (149 597 870 км) или одна астрономическая единица (а.е.). Для преодоления этого расстояния лучу света потребуется $8,3 \text{ мин}$ (от ближайшей к нам звезды α Центавра свет «идет» более 4-х лет).

Радиус Солнца составляет примерно 696 000 км, его диаметр вмещает 109 диаметров Земли.

Масса Солнца составляет $1,989 \cdot 10^{33} \text{ г}$ или более 99% общей массы всей Солнечной системы.

Средняя температура поверхности Солнца – 5 500 градусов, его ядра – 17 миллионов градусов.

Угол наклона солнечного экватора к эклиптике составляет $7^\circ 15'$.

Видимая звездная величина Солнца → $-26,7$.

Магнитная ось Солнца наклонена на угол 15° к оси его вращения. Магнитные полюсы Солнца меняются местами каждые 11 лет.

Солнце, подобно Земле, вращается вокруг своей оси с запада на восток. Период обращения Солнца вокруг своей оси на экваторе наименьший и составляет 25 суток ($25,38$ земных суток), на полюсах наибольший – 35 суток.

По отношению к соседним звездам Солнце движется в направлении созвездия Геркулеса со скоростью 20 км/с. Солнце (Солнечная система в целом) движется вокруг центра нашей Галактики «Млечный Путь» со скоростью ~ 300 км/с и совершает один оборот вокруг него за 230 млн. лет.

3.3.2. Внешние проявления и причины годового движения Солнца

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

Если наблюдать Солнце (\odot) в течение года, то можно отметить такие характерные особенности в его суточном движении:

1. – точки восхода (\odot) и захода (\odot) ежедневно перемещаются по горизонту;
2. – меридиональная высота (H_{\odot}) постоянно изменяется (летом Солнце поднимается над горизонтом выше, чем зимой);
3. – продолжительность пребывания Солнца над горизонтом и под горизонтом в течение года непрерывно меняется;
4. – ровно через год все солнечные явления повторяются по времени и величине.

Вывод: кроме видимого суточного движения, Солнце имеет еще и собственное движение по сфере с годовым периодом.

Чтобы получить годовой путь Солнца на небесной сфере, достаточно определить величины его прямого восхождения (α_{\odot}) и его склонения (δ_{\odot}) на каждый день.

После нанесения положений Солнца на небесную сферу окажется, что все они лежат на большом круге, наклоненном к небесному экватору на постоянный угол $\sim \varepsilon = 23^\circ 27'$. Этот круг назван

эклиптикой (рис. 3.6). Таким образом, видимое годовое движение Солнца происходит всегда в плоскости, проходящей через центр Земли – **в плоскости эклиптики**. Не в видимом, а в прямом движении, плоскость эклиптики есть именно плоскость орбиты, которую описывает Земля в ее движении вокруг Солнца.

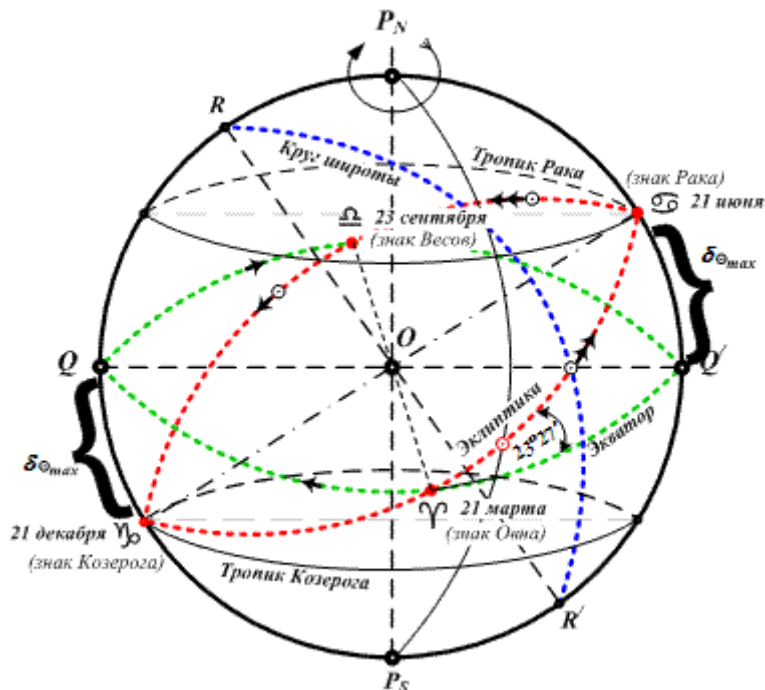


Рис. 3.6. Годовое движение Солнца

Точное значение угла наклона плоскости эклиптики к плоскости экватора определяется по формуле:

$$\varepsilon = 23^{\circ}27'08,26'' - 46,845''T - 0,0059T^2 + 0,00181''T^3,$$

где T – число юлианских столетий по 36 525 суток, протекших от начала 1900 г.

Направление годового движения Солнца противоположно суточному движению светил.

Диаметр RR' – ось эклиптики.

Точки R и R' – полюса эклиптики.

Эклиптика делится небесным экватором пополам, поэтому Солнце полгода имеет северное склонение (δ_N) и полгода – южное – (δ_S).

В течение года Солнце на эклиптике имеет четыре особых положения:

1. ~ 20 марта – **точка весеннего равноденствия** (Υ – знак Овна), в которой $\alpha_{\odot} = 0^{\circ}$ и $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$;
2. ~ 21 июня – **точка летнего солнцестояния** ($\♋$ – знак Рака), в которой $\delta_{\odot max} = 23^{\circ}27'N$ и $\alpha_{\odot} = 90^{\circ}$;
3. ~ 23 сентября – **точка осеннего равноденствия** ($\♎$ – знак Весов), в которой $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$ и $\alpha_{\odot} = 180^{\circ}$;
4. 21 декабря – **точка зимнего солнцестояния** ($\♏$ – знак Козерога), в которой $\delta_{\odot max} = 23^{\circ}27'S$ и $\alpha_{\odot} = 270^{\circ}$.

При длительном наблюдении за звездами создается впечатление, будто все звезды, не меняя относительного расположения, движутся равномерно вокруг полюса эклиптики (R) в прямую сторону, совершая полный оборот за период равный **25 800 лет**. Это явление **прецессии** открыл астроном древности **Гиппарх** во II веке до н. э. Проще и естественнее допустить, что звезды неподвижны, а сама

точка Овна (т. « Υ ») перемещается по эклиптике на ту же величину $50,2$ в год в обратную сторону, то есть навстречу собственному движению Солнца. Таким образом, полюс Мира (P) описывает вокруг полюса эклиптики (R) малый круг сферического радиуса $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ (по часовой стрелке, если смотреть со стороны т. R).

Вследствие прецессии Солнце возвращается в точку Овна (т. « Υ ») раньше, чем оно сделает полный оборот по эклиптике, то есть несколько раньше, чем вернется в прежнее положение относительно неподвижных звезд.

Вследствие того, что орбита Земли не круг, а эллипс – Солнце движется по эклиптике неравномерно. Наиболее быстрое движение ($61',16$ в сутки) около 1 января (наименьшее расстояние «Земля-Солнце»), а наиболее медленное ($57',2$ в сутки) около 1 июля (наибольшее расстояние «Земля-Солнце»).

Особенности годового движения Солнца объясняются тремя законами Кеплера:

I закон – «Все планеты движутся по орбитам, имеющим форму эллипса, в одном из фокусов которого находится Солнце»

II закон – «За равные промежутки времени прямая, соединяющая планету с Солнцем, описывает равные площади».

III закон – «Квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца».

Видимый годовой путь Солнца лежит в **поясе Зодиака** (греч. «круг животных») и проходит через 12 созвездий (см. табл. 3.1.):

Таблица 3.1.

| Обозначение знака | Русское название знака | Латинское название знака | Дата вхождения Солнца в знак | Созвездие, в котором расположен знак | Сроки прохождения Солнца через созвездие |
|-------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| Υ | Овен | Aries | 20÷22.III. | Рыбы | 12.03÷17.04 |
| \mathbb{T} | Телец | Taurus | 19÷21.IV. | Овен | 17.04÷10.05 |
| \mathbb{II} | Близнецы | Gemini | 20÷22.V. | Телец | 10.05÷18.06 |
| \mathbb{C} | Рак | Cancer | 21÷22.VI. | Близнецы | 18.06÷18.07 |
| \mathbb{L} | Лев | Leo | 22÷23.VIII. | Рак | 18.07÷08.08 |
| \mathbb{V} | Дева | Virgo | 23÷24.VIII. | Лев | 08.08÷14.09 |
| \mathbb{S} | Весы | Libra | 22÷24.IX. | Дева | 14.09÷31.10 |
| \mathbb{M} | Скорпион | Scorpius | 22÷24.X. | Весы | 31.10÷21.11 |
| \mathbb{N} | Стрелец | Sagittarius | 22÷24.XI. | Скорпион Змееносец | 21.11÷27.11 27.11÷17.12 |
| \mathbb{O} | Козерог | Capricornus | 21÷23.XII. | Стрелец | 17.12÷18.01 |
| \mathbb{A} | Водолей | Aquarius | 20÷21.I. | Козерог | 18.01÷14.02 |
| \mathbb{P} | Рыбы | Pisces | 19÷20.II. | Водолей | 14.02÷12.03 |

3.3.3. Общие явления, обусловленные годовым движением Солнца

- Если сложить геометрически годовое (по эклиптике) и суточное (по параллелям вокруг оси Мира $P_N P_S$) движения, то общее видимое движение Солнца изобразится спиралью. Промежутки между витками этой спирали неодинаковы и по мере удаления от экватора постепенно уменьшаются.
- Крайнюю северную параллель (**тропик Рака**) Солнце описывает ~ 21 июня при $\delta_{\odot} = 23^{\circ}27'N$ ($23^{\circ}26,5'N$); крайнюю южную параллель (**тропик Козерога**) ~ 21 декабря при $\delta_{\odot} = 23^{\circ}27'S$ ($23^{\circ}26,5'S$).
- В течение суток все точки эклиптики вместе с Солнцем совершают один оборот вокруг оси Мира ($P_N P_S$).
- В течение года продолжительность пребывания Солнца над горизонтом и под горизонтом непрерывно изменяется, а 20 марта и 23 сентября, когда Солнце движется по экватору ($\delta_{\odot} = 0^{\circ}$) день равен ночи.
- Летом меридиональная высота Солнца (H_{\odot}) значительно больше, чем зимой.
- Летом, при одноименных φ и δ_{\odot} , большая часть параллели Солнца располагается над горизонтом (день длиннее ночи), а зимой, при разноименных φ и δ_{\odot} , – под горизонтом (день короче ночи).

- Поскольку Земля движется вокруг Солнца неравномерно, кажущееся годовое движение Солнца по эклиптике происходит тоже с переменной скоростью. Суточное изменение прямого восхождения Солнца (α_{\odot}) находится в пределах от $54' \div 66'$, а суточное изменение склонения (δ_{\odot}) – от $0 \div 24'$.
- Чтобы рассчитать приблизительно α_{\odot} и δ_{\odot} на определенную дату, надо умножить величину суточного изменения $\Delta \alpha_{\odot}$ ($\sim 1^\circ$) или $\Delta \delta_{\odot}$ на количество суток от ближайшей даты (20.3; 21.6; 23.9; 21.12) и результат прибавить (отнять) к значению α_{\odot} или δ_{\odot} на эту дату.

Суточное изменение $\Delta \delta_{\odot}$ определяют так:

- $0,4^\circ$ – с $21.2 \div 21.4$ и с $23.8 \div 23.10$;
- $0,3^\circ$ – с $21.1 \div 21.2$, с $21.4 \div 21.5$ и с $23.7 \div 23.8$ с $23.10 \div 23.11$;
- $0,1^\circ$ – с $22.5 \div 22.7$ и с $22.11 \div 22.1$.

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

• Для наблюдателя на экваторе $\varphi = 0^\circ$ (рис. 3.7).

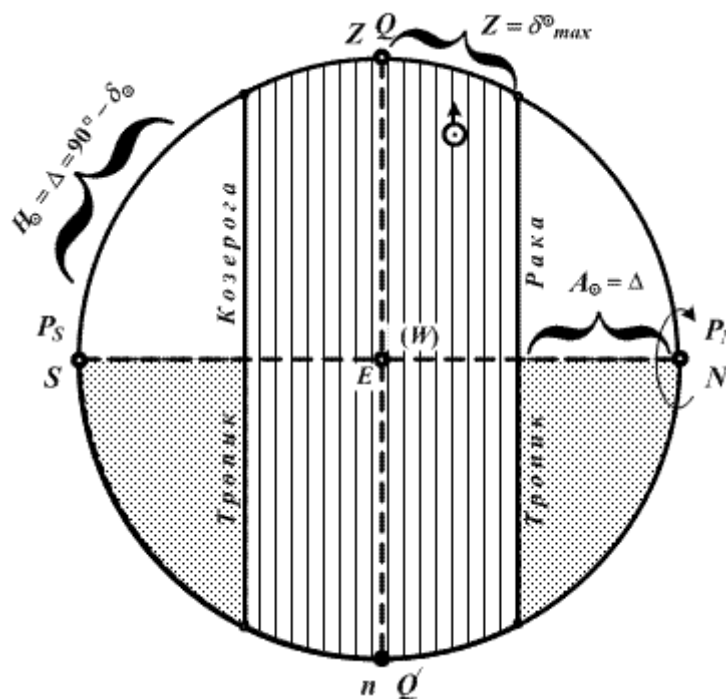


Рис. 3.7. Годовое движение Солнца для $\varphi = 0^\circ$

1. День всегда равен ночи, так как все параллели Солнца делятся горизонтом пополам.
2. В дни равноденствий (~ 20.3 и ~ 23.9) 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 21.6 (21.12).
4. Азимут Солнца (пеленг на него) в момент восхода и захода равен полярному расстоянию:

$$A_{\odot} = \Delta = 90^\circ - \delta_{\odot} \quad (3.6)$$

5. 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 движется по I вертикалу и в момент верхней кульминации мгновенно изменяет азимут на 180° – с E на W .
6. 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 $\varphi = 90^\circ N (S)$ (рис. 3.8).

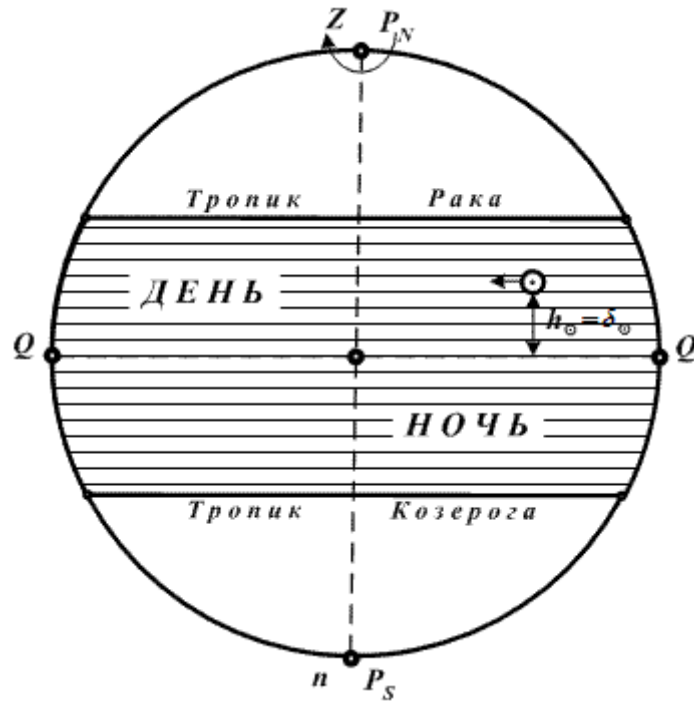


Рис. 3.8. Годовое движение Солнца для $\varphi = 90^\circ N (S)$

1. День продолжается полгода, пока δ_\odot одноименно с φ , ночь – тоже полгода, пока δ_\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 δ_\odot и φ одноименных.

•Для наблюдателя в умеренном поясе $23^\circ 27' < \varphi < 66^\circ 33' N (S)$ (рис. 3.9).

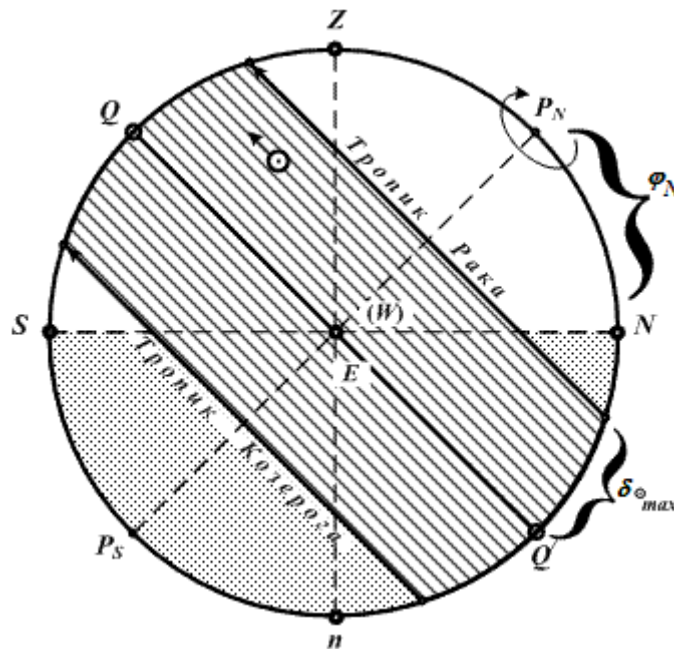


Рис. 3.9. Годовое движение Солнца для широт умеренного пояса

1. Солнце восходит и заходит в течение года, так как $\delta < 90^\circ - \varphi$ всегда.
2. Разница в продолжительности дня и ночи в течении года более заметна.
3. В зените Солнце не бывает, поскольку не может быть $\delta_\odot = \varphi$.
4. Меридиональная высота Солнца всегда меньше, чем в те же даты в тропическом поясе.
5. В суточном движении Солнце пересекает I вертикал и в течение дня бывает во всех четвертях горизонта при одноименных φ и δ_\odot . При разноименных δ_\odot и φ Солнце бывает только в двух четвертях, первая буква наименования которых разноименна с φ .

• Для наблюдателя в тропическом поясе $0^\circ < \varphi < 23^\circ 27' N (S)$ (рис. 3.10).

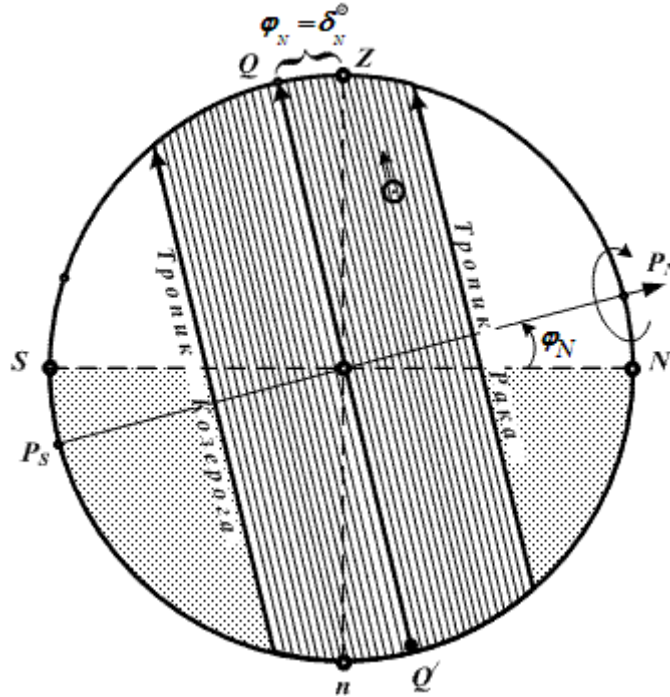


Рис. 3.10. Годовое движение Солнца для $\varphi < 23^\circ 27' N (S)$

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 (21.6 – тропик Рака, 21.12 – тропик Козерога).
4. При $\delta_\odot < \varphi$ и одноименных Солнце в суточном движении пересекает I вертикал и проходит все четверти горизонта.
5. При $\delta_\odot > \varphi$ и одноименных Солнце наблюдается только в двух четвертях горизонта.
6. При разноименных φ и δ_\odot (независимо от их величин) Солнце также наблюдается только в двух четвертях горизонта.
7. Вблизи кульминации азимут Солнца (пеленг на него) за короткий промежуток времени меняется очень быстро.
8. Летом день несколько длиннее, чем зимой.

• Для наблюдателя в полярном поясе $\varphi \geq 66^{\circ}33'N (S)$ (рис. 3.11).

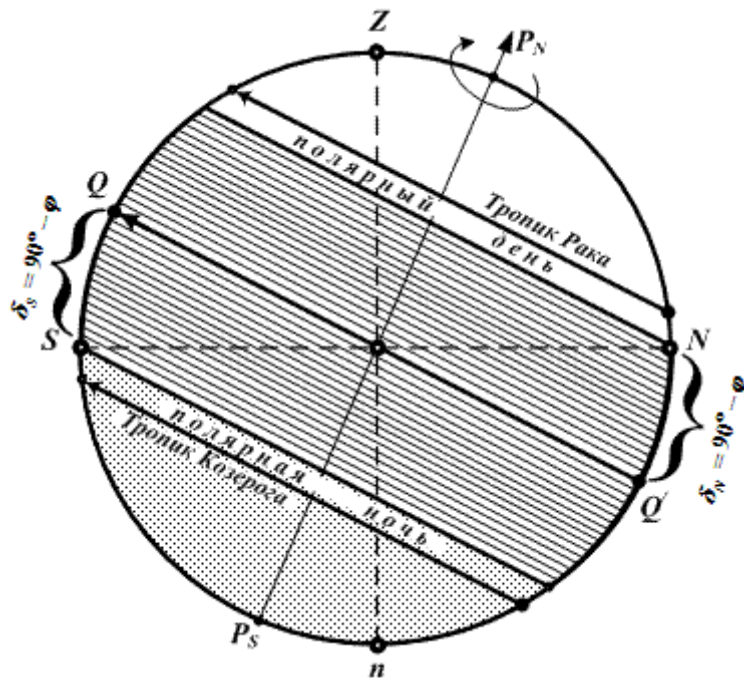


Рис. 3.11. Годовое движение Солнца для $\varphi > 66^{\circ}33'N (S)$

1. При δ_{\odot} и φ одноименных может наблюдаться незаходящее Солнце, если $\delta_{\odot} > 90^{\circ} - \varphi$ (полярный день).
2. При δ_{\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.
5. Меридиональные высоты и угол падения лучей Солнца еще меньше, чем в умеренном поясе, особенно зимой.
6. При φ и δ_{\odot} одноименных азимуты Солнца (пеленги на Солнце) в течение суток располагаются во всех четвертях горизонта, при φ и δ_{\odot} разноименных – только в двух.

3.4. Собственное движение Луны

3.4.1. Общая характеристика Луны

Луна – единственный естественный спутник нашей планеты Земля.

Среднее расстояние от Земли до Луны составляет **384 404, 377 км**.

Диаметр Луны **3 476 км**, то есть примерно в 4 раза меньше земного.

Масса Луны $7,35 \cdot 10^{25}$ г (приблизительно **1/8153 часть от массы Земли**).

Сила тяжести на поверхности Луны составляет примерно **1/6** часть от земной.

Скорость движения Луны по своей орбите равна **3.693 км/ч (1,02 км/с)**.

Луна светит только отраженным светом Солнца. Ее поверхность отражает только **0,07 (альbedo Луны)** часть падающего на нее солнечного света.

Движение Луны происходит всегда в прямую сторону, то есть в сторону собственного движения Солнца с весьма большой угловой скоростью ($\sim 0,5^{\circ}$ в час).

Орбита Луны эллиптическая, с эксцентриситетом $e \approx 1/18$. Радиус – вектор орбиты от **363 300 до 405 500 км**.

Угол наклона видимой орбиты Луны к эклиптике в среднем составляет **5°09' (4°58' ÷ 5°20')**.

Период регрессии (смены положений) *лунных узлов* (точки пересечения лунной орбиты с эклиптической) составляет **18 лет и 7 месяцев (6.793 суток)**.

С периодом 9,3 года максимум склонения Луны колеблется в пределах **от $\pm 28^{\circ}36'$ до $\pm 18^{\circ}18'$** .

Склонение Луны может изменяться в час почти на **18'**, а ее прямое восхождение на **$2,8' \pm 1,7'$** в час.

Линия апсид («*апогей* – *перигей*») вращается в плоскости орбиты в сторону собственного движения Луны. Эта линия, а вместе с нею точки апогея и перигея делают полный оборот за **8,85 года (3.232 суток)**.

Лунный день длится примерно 15 земных суток и в это время температура на поверхности может достигать **+134°**, в лунную ночь – до **-170°**. Лунная поверхность нагревается и остывает почти мгновенно. Особенно этот перепад температур наблюдается в районе *терминатора* → границы между освещенной и неосвещенной частями поверхности Луны.

Обращение Луны к Земле одной стороной в действительности означает, что **период оборота Луны вокруг своей оси точно равен периоду оборота ее вокруг Земли**.

Так как ось вращения Луны не перпендикулярна плоскости ее орбиты, то происходит *либрация* (качание) Луны и мы с Земли просматриваем не 50, а ~ 59% ее общей поверхности.

12.09.1959 г. – вторая космическая ракета доставила вымпел на Луну.

4.10.1959 г. – третья космическая ракета передала на Землю фотографию обратной стороны Луны.

3.02.1966 г. – в **21ч 45м 30с** «Луна – 9» совершила мягкую посадку на поверхность Луны в Океане Бурь.

20.07.1969 г. – **американский астронавт Нейл Армстронг** впервые ступил на поверхность Луны.

Возраст лунных пород оценивается ~ в **4,3 миллиарда лет**. Поверхность Луны покрыта базальтами или застывшей лавой.

На Луне не было обнаружено ни воды, ни окаменелых организмов, ни органических соединений, то есть Луна всегда была безжизненной.

На Луне нет голубого неба, нет ветра и облаков, потому что нет атмосферы. Там **царит мертвая тишина**.

Самая высокая **гора** Луны имеет высоту **более 8 км**.

Диаметр самого большого лунного моря – «**моря Дождей**» составляет **около 1 100 км**.

Диаметр самого большого лунного кратера «**Клавий**» ~ **240 км**.

Радиоизлучение Луны на волне **1,25 см** идет не от поверхности Луны, а от некоторого глубинного нагретого слоя.

В результате действия переменных возмущающих сил Солнца, планет, влияния сжатия Земли и других факторов, движение Луны имеет очень сложный характер.

В **1919 г.** американский астроном **Э. Браун** (1866÷1938) составил лучшие современные таблицы движения Луны по материалам **С. Ньюкамба**.

Луна является основной причиной приливных явлений на Земле, которые, в свою очередь, являются причиной замедления скорости вращения Земли. **Вследствие приливного трения вращение Земли замедляется на 0,0016с в 100 лет**.

Впервые на приливы, как причину замедления скорости вращения Земли, в **1754 г.** указал немецкий философ **И. Кант** (1724÷1804).

Твердая поверхность Земли также испытывает приливы и отливы с амплитудой до **50 см**.

3.4.2. Характер собственного движения Луны

Луна (☾) подобно Солнцу (☉), перемещается среди звезд. Кульминации Луны по отношению к звездам и Солнцу ежесуточно запаздывают. Изменяются также азимуты восхода и захода Луны и величины ее меридиональной высоты. Все это приводит к мысли, что Луна имеет свое собственное движение, причина которого – фактическое движение ее по орбите вокруг Земли.

Построив небесную сферу и продолжив (рис. 3.12) плоскость действительной орбиты Луны до пересечения со сферой, получим видимую орбиту Луны.

Точки пересечения эклиптики с видимой орбитой Луны – **лунные узлы**:

- **восходящий** (Ω), где Луна переходит через эклиптику, двигаясь к северному полюсу Мира (P_N);
- **нисходящий** (ϑ), где Луна переходит эклиптику, двигаясь к южному полюсу Мира (P_S).

Направление собственного движения Луны такое же, как у **Солнца** (навстречу видимому суточному движению светил).

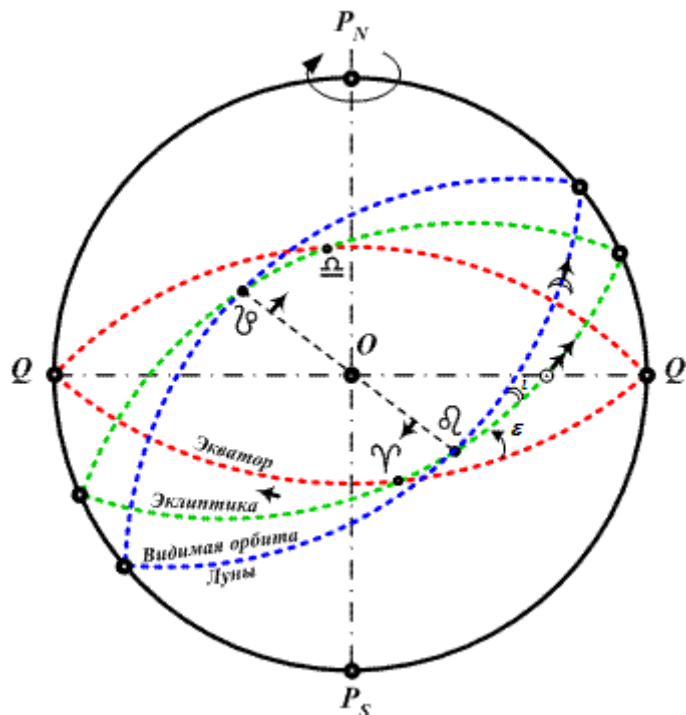


Рис. 3.12. Видимая орбита Луны

Суточное перемещение Луны по орбите намного больше, чем перемещение Солнца по эклиптике ($\sim 1^\circ$) и составляет около 13° . Суточное изменение прямого восхождения Луны тоже можно принять равным $\sim 13^\circ$.

Положение орбиты Луны в пространстве меняется, поэтому угол между лунной орбитой и эклиптикой ($\angle i$) так же изменяется и в среднем равен $5^\circ 09'$ ($4^\circ 58' \div 5^\circ 20'$).

Линия лунных узлов ($\Omega \vartheta$) поворачивается в сторону суточного вращения сферы (обратную собственному движению Луны) примерно на $19,3^\circ$ в год, совершая полный оборот за **18,6** года (6.793 суток).

Если Луна, Солнце и звезда находятся на одном меридиане, то ровно через сутки звезда, не имеющая собственного движения, вернется на тот же меридиан; меридиан Солнца отстанет от меридиана звезды примерно на 1° , а меридиан Луны отстанет от меридиана звезды в среднем на $13,2^\circ$. Ежесуточное отставание Луны от Солнца составит $12,2^\circ$. Все это приводит к тому, что восход, кульминация и заход Луны происходит позже по отношению к звездам на 53 минуты, а по отношению к Солнцу – на **49** минут.

Продолжительность полного оборота Луны по орбите (по отношению к звездам) составляет 27 суток 7 часов 43 минуты 11 секунды – **звездный или сидерический месяц** (27,32166 *средних солнечных суток*).

Поскольку лунные узлы движутся навстречу Луне, то средний промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Луны через один и тот же узел должен быть короче звездного месяца. Он составляет 27,21222 средних солнечных суток (27д 05ч 05м 35,8с) и называется **драконическим месяцем**.

Средний промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Луны точки апогея или точки перигея называется **аномалистическим месяцем**. Этот месяц длиннее звездного вследствие вращения оси **апсид** (апогей - перигей) в сторону движения Луны и составляет 27,55455 средних солнечных суток ($27\text{д } 13\text{ч } 18\text{м } 37,4\text{с}$).

Продолжительность полного оборота Луны по орбите по отношению к Солнцу составляет 29 суток 12 часов 44 минуты 03 секунды – **лунный** или **синодический** месяц (29,53059 средних солнечных суток).

Значение склонения Луны в течение месяца находится в пределах от $28^{\circ}36' N$ или $S (\varepsilon + i)$ до $18^{\circ}18' N$ или $S (\varepsilon - i)$.

$\delta_{\text{max}} = \varepsilon + i$ – восходящий узел Ω совпадает с точкой весеннего равноденствия « Υ ».

$\delta_{\text{max}} = \varepsilon - i$ – нисходящий узел ω совпадает с точкой осеннего равноденствия « Υ ».

3.4.3. Фазы Луны и ее возраст

Луна светит отраженным светом Солнца и, занимая различные положения относительно Земли и Солнца, для наблюдателя имеет различный вид, то есть находится в различных **фазах** (рис. 3.13).

- | | |
|----------------------------|--|
| L_1 – новолуние | } сизигия ($B \varphi = 0$ или 15 дней) |
| L_5 – полнолуние | |
| L_3 – I четверть | } квадратура |
| L_7 – последняя четверть | |

Промежуток времени (в сутках) от новолуния до данной фазы Луны → **возраст Луны** ($B \varphi$).

В МАЕ возраст Луны дается с точностью до 0,1 сут. Там же указываются моменты и даты наступления четырех главных фаз Луны.

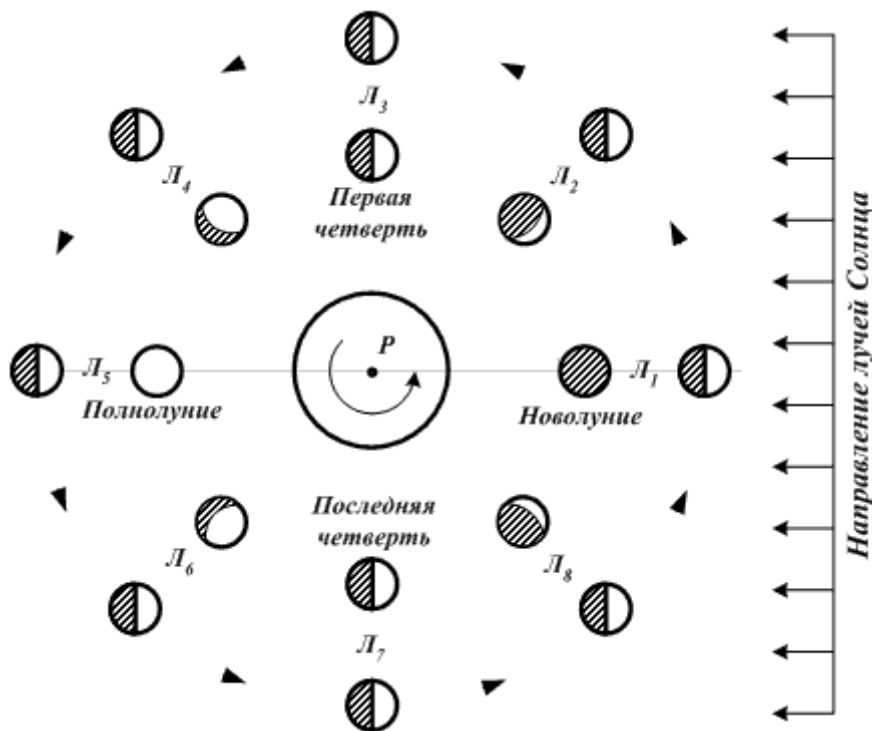


Рис. 3.13. Фазы Луны

Возраст Луны с точностью до $1 \div 2$ суток можно определить по формуле:

$$B_{\text{л}} = D + N_{\text{л}} + L \quad (3.7)$$

где D – дата;

$N_{\text{л}}$ – номер месяца в году;

L – эмпирическое число (лунное число) → см. табл. 3.2.

Таблица 3.2.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 21 | 3 | 14 | 25 | 6 | 17 | 28 | 9 | 20 | 1 | 12 | 23 |
| 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 5 | 16 | 27 | 8 | 19 | 0 | 11 | 22 | 3 | 14 | 25 | 6 |

(каждый год лунное число увеличивается на «11»)

Пример:

1. На 22.10.2001 г. $B_{\text{л}} = 22 + 10 + 3 = 35 - 30 = 5,0\text{д}$.
2. На 10.05.2005 г. $B_{\text{л}} = 10 + 5 + 17 = 32 - 30 = 2,0\text{д}$. и т.д.

В 19 *тропических годах* содержится ровно 235 синодических оборотов Луны (*метонов круг* или *круг Луны*). По истечении метонического круга все фазы Луны начинают повторяться снова в прежние дни года. Числа R от 1 до 19 – **золотые числа**. Возраст Луны в начале любого года (*эпакта года*) получается как остаток от деления числа $[(R - 1) \cdot 10,88]$ на 29,53:

Таблица 3.3.

| | | | | | | | | | | | |
|----------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| R | Золотое число | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Э | Эпакта $B_{\text{л}}$ | 0 | 10,88 | 21,76 | 3,11 | 13,99 | 24,87 | 6,22 | 17,10 | 27,98 | 9,33 |
| R | Золотое число | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 1 |
| Э | Эпакта $B_{\text{л}}$ | 20,21 | 1,56 | 12,44 | 23,32 | 4,67 | 15,55 | 26,43 | 7,78 | 18,66 | 29,53 |

Само число R для какого то года N получается как остаток от деления числа $(N + 1)$ на 19. Для 2007 г. $R = 2008/19 = 105 + 13/19$, то есть $R_{2007} = 13$.

Эпакта для 2007 г. окажется равной:

$$(10,88 \cdot 12)/29,53 = 12,44 \text{ дня, то есть на } 1.01.2007 \text{ г. } B_{\text{л}} = 12,4 \text{ дня.}$$

Чтобы найти возраст Луны на первое число каждого месяца этого года, к эпакте надо прибавлять последовательно число дней в месяце и вычитать из суммы 29,53. На 2007 г. $B_{\text{л}}$: 1.01 → 12,4 д.; 1.02 → 13,9 д.; 1.03 → 12,4 д. и т.д.

Погрешности предвычислений могут доходить до целых суток.

Знание возраста Луны позволяет приближенно определять заранее время ее верхней кульминации, восхода или захода и решать некоторые другие задачи.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Местное время верхней кульминации: } T_{\text{к}}^{\text{л}} = 0,8\text{час.} \cdot B_{\text{л}} \pm 12\text{час.} \\ \text{Местное время восхода: } T_{\text{в}}^{\text{л}} = T_{\text{к}}^{\text{л}} - 6\text{час.} \\ \text{Местное время захода: } T_{\text{з}}^{\text{л}} = T_{\text{к}}^{\text{л}} + 6\text{час.} \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

В течение синодического месяца будет в среднем 29,5306 кульминаций Солнца, кульминаций же Луны на одну меньше → 28,5305.

Последовательные кульминации Луны должны ежедневно запаздывать в среднем на 50 минут.

Совместная верхняя кульминация Солнца и Луны в полдень наблюдается тогда, когда они располагаются на одном меридиане (**в новолуние**).

В **I четверти** Луна кульминирует через **6 часов** после Солнца (вечером) и наблюдать ее можно с полудня до полуночи.

В полнолуние верхняя кульминация Луны будет через **12 часов** после кульминации Солнца, т.е. в полночь и Луна будет видна с вечера до утра.

В последней четверти Луна кульминирует через **18 часов** после Солнца, т.е. утром, а видна на сфере с полуночи до полудня.

Примерно в первой четверти Луну удобно наблюдать одновременно с Солнцем вечером, причем угол между ними близок к **90°**.

В последней четверти Луна и Солнце видны утром также с разностью азимутов, близкой к **90°**.

В северных широтах Луна весной лучше видна вечером в первой четверти, осенью – утром в последней четверти.

Зимой Луна лучше видна в полнолуние, ночью.

3.4.4. Лунные и солнечные затмения

Солнечное затмение – покрытие Луной Солнца (Земля находится в лунной тени) (рис. 3.14).

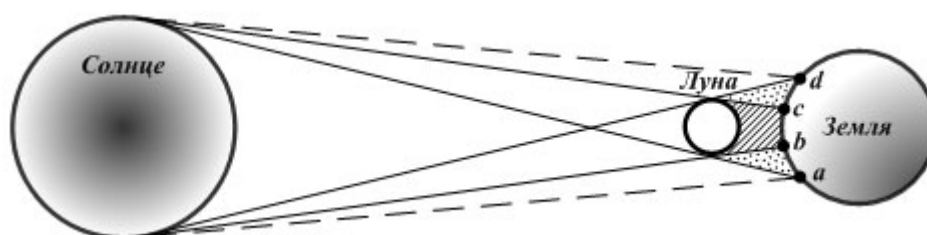


Рис. 3.14. Солнечные затмения

Лунное затмение – Луна входит в земную тень (рис. 3.15)

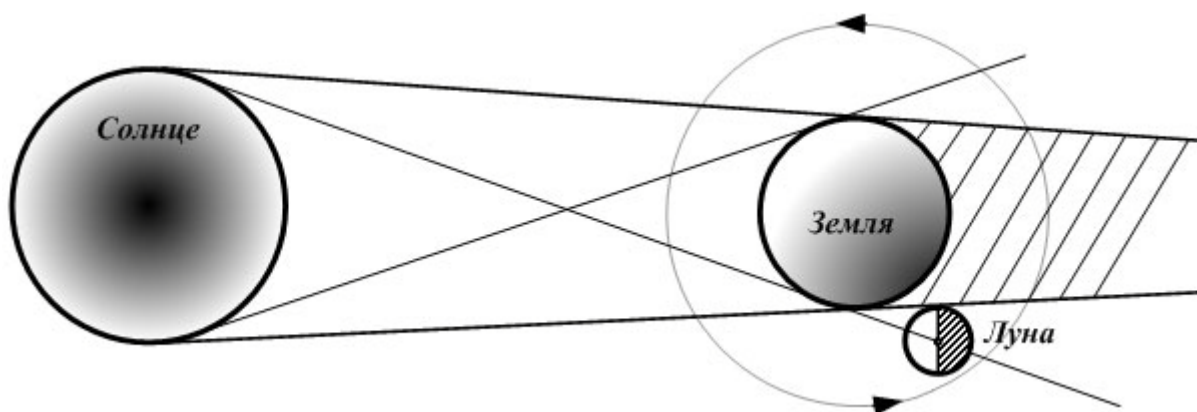


Рис. 3.15. Лунное затмение

Солнечные затмения подразделяются на (рис. 3.14):

- **частное** солнечное затмение – когда Луна закрывает часть диска Солнца (область *ab* и *cd*). Продолжительность такого затмения достигает 2-х часов;
- **полное** солнечное затмение – когда Луна закрывает весь диск Солнца (область *cb*). Продолжительность такого затмения достигает 9,5 минут;
- **кольцеобразное** солнечное затмение – когда Луна закрывает весь диск Солнца, кроме его краев. Продолжительность такого затмения достигает 7,5 минут.

В зависимости от расстояния, видимый угловой диаметр Луны изменяется в пределах от $29''$ до $33'30''$, а видимый диаметр Солнца колеблется от $30'$ до $30'30''$. Поэтому характер солнечного затмения (полное или кольцеобразное) зависит от расстояний от Земли до Солнца и Луны в момент затмения.

Полные солнечные затмения бывают в среднем через **400** лет.

Области возможных затмений образуются вблизи узлов. Продолжительность сезона солнечных затмений составляет **36** дней, лунных затмений – **22** дня.

В году случается минимум **2** солнечных затмения и максимум **7** (**5** солнечных и **2** лунных).

Каждое затмение повторяется через один *сарос* – период полного поворота лунной орбиты (18 лет $11\frac{1}{3}$ суток). После этого срока Солнце, Луна и лунные узлы возвращаются в первоначальное относительное положение.

В каждом *саросе* происходит **70** затмений – **41** солнечное и **29** лунных.

Лунное затмение можно наблюдать одновременно на всем полушарии Земли, обращенном к Луне во время затмения, а солнечное затмение наблюдается в пределах относительно узкой полосы шириной до **270 км** – если затмение полное, и в полосе шириной около **7.000 км**, если затмение частное.

3.5. Собственное движение планет

3.5.1. Общая характеристика планет Солнечной системы (рис. 3.16 и табл. 3.4.)

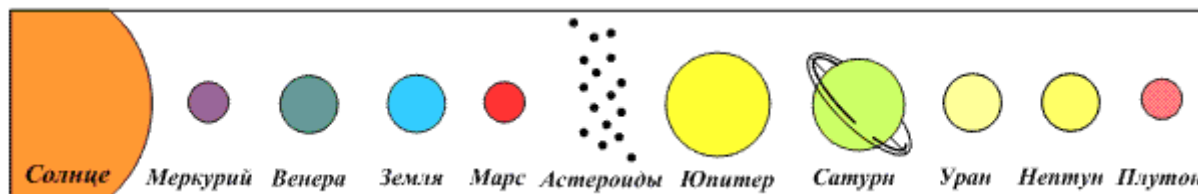


Рис. 3.16. Общая характеристика Солнечной системы

Общая характеристика планет Солнечной системы

Таблица 3.4.

| Название | Меркурий | Венера | Земля | Марс | Юпитер | Сатурн | Уран | Нептун | Плутон | |
|---|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Обозначение | ♿ | ♀ | ♁ | ♂ | ♃ | ♄ | ♅ | ♆ | ♇ | |
| Экваториальный диаметр, км | 4880 | 12100 | 12756 | 6794 | 143200 | 120000 | 51800 | 49500 | 3000 | |
| Масса (Земля 1,0) | 0,06 | 0,82 | 1,0 | 0,11 | 317,9 | 95,2 | 14,6 | 17,2 | 0,01 | |
| Среднее расстояние от Солнца | млн. км. | 57,9 | 108,2 | 149,6 | 228,0 | 778,4 | 1424,6 | 2867 | 4486 | 5850 |
| | а. е. | 0,387 | 0,723 | 1,00 | 1,524 | 5,203 | 9,539 | 19,191 | 29,99 | 39,43 |
| Средняя орбит. скорость, км/с | 47,9 | 35,1 | 29,8 | 24,1 | 13,1 | 9,7 | 6,8 | 5,4 | 4,7 | |
| Средняя угловая скорость орбит. движения (о/сут.) | 4,1 | 1,6 | 1,0 | 0,5 | 0,08 | 0,034 | 0,012 | 0,006 | 0,004 | |
| Период обращения, год | 0,24 | 0,62 | 1,00 | 1,88 | 11,86 | 29,46 | 84,02 | 164,78 | 248,43 | |
| Период вращения (синодич.) | 176д | 116,7д | 1,0д | 1,0д | 9ч 56м | 10ч39м | ~16ч | ~11,5ч | ~153ч | |
| Наклон орбиты к эклиптике | 7°00' | 3°24' | 0°00' | 1°51' | 1°18' | 2°29' | 0°46' | 1°47' | 17°10' | |
| Наклон экватора к ее орбите | – | 58° | 23,5° | 25° | 3° | 27° | 98° | – | – | |
| Большая полуось орбиты (млн.км) | 57,9 | 108,2 | 149,6 | 227,9 | 778,3 | 1427,0 | 2869,6 | 4496,7 | 5912,0 | |
| Эксцентриситет орбиты | 0,206 | 0,007 | 0,017 | 0,093 | 0,048 | 0,056 | 0,047 | 0,009 | 0,249 | |
| Плотность, г/см ³ (вода = 1) | 5,44 | 5,27 | 5,52 | 3,95 | 1,31 | 0,70 | 1,27 | 1,66 | 1,75 | |
| Сила тяжести на пов. (1,0) | 0,38 | 0,91 | 1,00 | 0,38 | 2,34 | 0,93 | 0,85 | 1,14 | 0,04 | |
| Число известных спутников | – | – | 1 | 2 | 12 | 9 | 5 | 2 | – | |
| Наибольшая температура пов. | 400°С | 500°С | 58°С | 30°С | – | – | – | – | – | |
| Минимальная температура пов. | -180°С | +450°С | -88,3°С | -110°С | – | – | – | – | – | |
| Вторая косм. скорость (км/с) | 4,3 | 10,4 | 11,2 | 5,1 | 61,0 | 36,7 | 22,4 | 25,6 | – | |

Планета (греч. «блуждающая звезда»)→ небесное тело, обращающееся вокруг Солнца и светящее отраженным солнечным светом.

Все 9 планет Солнечной системы движутся вокруг Солнца в одну сторону и (за исключением Урана) в ту же сторону (с запада на восток) вращаются вокруг своих осей.

Малые планеты, или астероиды (планетоиды), это (предположение) остатки погибшей в результате космической катастрофы миллионы лет назад планеты **Фэтон**. Самый большой из астероидов (Церера) имеет в поперечнике **1.020 км**.

В настоящее время в каталоги занесено более **2.500** малых планет (всего их вероятно миллионы), орбиты которых определены.

Общая масса астероидного кольца (между орбитами Марса и Юпитера) почти в 10 раз меньше массы Земли.

Планеты, орбиты которых располагаются внутри земной называются **нижними** планетами (Меркурий, Венера).

Все остальные планеты называются **верхними** (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон).

К **внутренним** планетам или планетам **земной группы** относятся планеты Меркурий, Венера, Земля, Марс.

К **внешним** планетам или планетам **юпитеровой группы** относятся планеты Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.

3.5.2. Особенности собственного движения планет

Относительно Земли планеты могут занимать следующие частные положения (рис. 3.17):

- **нижнее соединение** – положение планеты между Землей и Солнцем (т. C_1);
- **верхнее соединение** – положение планеты за Солнцем (т.т. C_2, C_3);
- **элонгация** – положение планеты в точках, в которых она имеет наибольшее угловое отстояние от Солнца ($\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$);
- **противостояние** – положение планеты в точке, когда Земля находится между планетой и Солнцем (т. Π).

Верхние планеты на сфере могут удаляться от Солнца на любой угол в пределах от 0° до 180° и они невидимы для наблюдателя когда находятся вблизи своих соединений (за Солнцем), а около противостояний их можно наблюдать всю ночь.

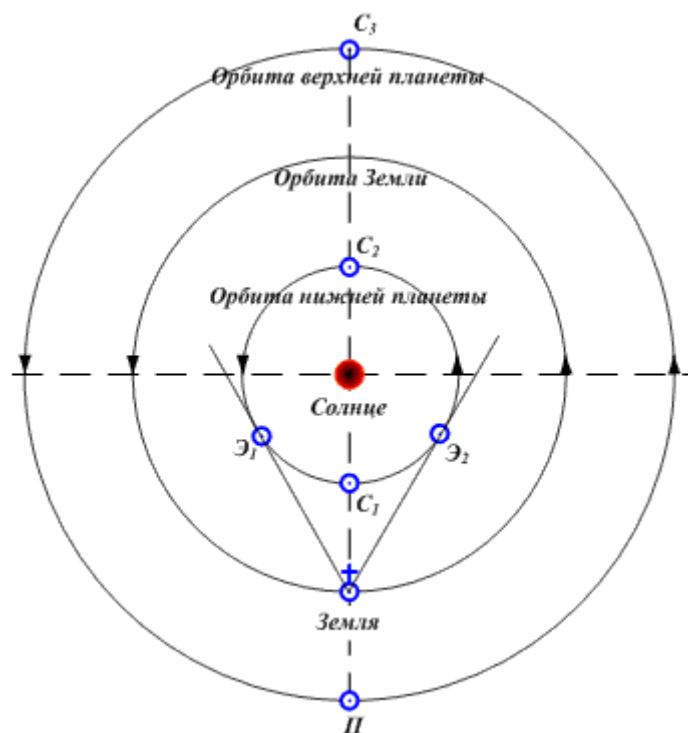


Рис. 3.17. Положение планет относительно Земли и Солнца

Нижние планеты на сфере могут удаляться от Солнца на максимальный угол, соответствующий **элонгации** (Меркурий – до 29° , Венера – до 48°).

Эти планеты менее подходят для наблюдений, чем верхние. Венера видима лишь в течение нескольких часов после захода или перед восходом Солнца. Меркурий почти всегда теряется в солнечных лучах.

Венера, Марс, Юпитер и Сатурн хорошо доступны для наблюдения, называются **навигационными** планетами. Координаты этих планет приведены в Морском Астрономическом Ежегоднике (МАЕ).

Особенности видимого собственного движения планет:

1. Каждая планета движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, причем Солнце находится в одном из фокусов эллипса. (**I закон И. Кеплера**).
2. Каждая планета движется таким образом, что воображаемая линия, соединяющая Солнце и планету, за равные промежутки времени описывает равные площади; то есть планеты движутся быстрее всего, когда они максимально приближаются к Солнцу (перигелий), и медленнее всего, когда находятся на наибольшем удалении (афелий). (**II закон И. Кеплера**).
3. Квадраты периодов времени, необходимого для того, чтобы две планеты завершили один оборот вокруг Солнца, имеют то же самое отношение, что и кубы их средних расстояний от Солнца. (**III закон И. Кеплера**).
4. Орбиты планет лежат почти в одной плоскости, близкой к плоскости эклиптики, образуя с ней угол примерно 7° (орбита Плутона наклонена к плоскости орбиты Земли под углом 17°).
5. Все планеты вращаются вокруг своих осей в направлении своего движения (за исключением Урана и Венеры), то есть с запада на восток (как и движение Солнца).
6. В видимом движении планет время от времени наступают моменты **остановки**, или стояния, после чего планета начинает двигаться в обратном направлении – к западу. Такое **обратное**, или попятное, движение продолжается несколько месяцев, затем наступает новое стояние и, наконец, снова прямое движение к востоку.
7. Продолжительность обратного движения для одной и той же планеты и проходимый при этом в угловой мере путь остаются всегда величинами почти постоянными.
8. Близкие спутники движутся вокруг планет в сторону их осевого вращения, а некоторые из далеких → в обратном направлении (спутник Тритон).
9. Суммарная масса всех планет Солнечной системы составляет **0,13%** массы Солнца.
10. Момент количества движения (момент импульса) системы на **98%** сосредоточен в планетах, и только **2%** принадлежит Солнцу.
11. Расстояния между соседними планетами возрастают по мере удаления от Солнца.
- 12.

Выводы

1. Все небесные светила непрерывно перемещаются по небесной сфере вследствие вращения Земли вокруг своей оси.
2. Общим условием восхода и захода светила является неравенство $\delta^* < 90^\circ - \varphi$.
3. Через зенит наблюдателя проходят те светила, которые имеют $\delta = \varphi$ одноименное с ней.
4. При $\varphi = 0^\circ$ $\Delta^* = \Delta = (90^\circ - \delta)$; при $\delta^* = 0 \rightarrow h_{max} = 90^\circ$; $H = \Delta = (90^\circ - \delta)$. День равен ночи.
5. При $\varphi = 90^\circ$: $h = \delta = const$; все светила не восходят и не заходят. День и ночь делятся по полгода.
6. **Эклиптика** – проекция годового пути Солнца на небесную сферу – наклонена к небесному экватору на постоянный угол $\varepsilon = 23^\circ 27'$.
7. Угол наклона видимой орбиты Луны к эклиптике $i_{CP} = 5^\circ 09'$ ($4^\circ 58' \div 5^\circ 20'$).
8. С периодом 9,3 года максимумы склонения Луны колеблются в пределах от $\pm 28^\circ 36'$ до $\pm 18^\circ 18'$.
9. Луна является основной причиной приливных явлений на Земле.
10. Возраст Луны (**$V \text{ ☾}$**) – промежуток времени от новолуния до данной фазы Луны. С точностью ± 1 сутки определяется по формуле:

$$V \text{ ☾} = \text{Дата} + \text{№ месяца} + \text{Лунное число.}$$

11. Солнечное затмение – покрытие Солнца Луной (Земля – в лунной тени). Лунное затмение – Луна входит в земную тень.
12. Все 9 планет Солнечной системы движутся вокруг Солнца в одну сторону и (за исключением Урана) в ту же сторону (с *W* на *E*) вращаются вокруг своей оси.
13. Каждая планета движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, а Солнце находится в одном из фокусов эллипса.

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ

4.1. Время и принцип его измерения

4.1.1. Общие положения

Время, как и пространство, есть **объективная форма существования** движущейся материи. Человек и природа существуют только во времени и пространстве.

Пространство и время, будучи всеобщими коренными формами существования материи, так же **неисчерпаемы** в количественном и качественном многообразии своих свойств, как и сама материя.

Они также **вечны и бесконечны**, как и сама материя и **независимы от человека и его сознания**. Их нет без материи, как нет и материи без них.

Пространство имеет три измерения, а **время измеряется только в одном направлении – от прошлого к будущему**.

Для измерения времени используются **периодические явления природы, обладающие высоким постоянством периода**. К таким явлениям относятся:

- вращение Земли вокруг своей оси;
- обращение Земли вокруг Солнца;
- собственные колебания атомов вещества;
- колебания пластинки кварца в электромагнитном поле.

Для измерения времени определяется событие или явление, которое послужит началом счета времени – **эпоха (эра)**.

Эра – начальный момент системы летоисчисления:

- от «основания г. Рима»;
- от «года слона»;
- от «сотворения Мира»;
- от «рождения Христова» – христианская эра.

Календарь – система счета длительных промежутков времени, определяющая счет прошедших лет и количество прошедших дней в текущем году.

Из истории известно около 200 календарей, некоторые из них:

- **лунный календарь** (Вавилон, ~ 3.000 лет до н.э.: год был короче солнечного года примерно на $1\frac{1}{4}$ суток и каждые 3 года из 8 добавляли по одному месяцу);
- **солнечный календарь** (Египет, ~ 3.000 лет до н.э.: 1 год = 365 суток и был короче тропического года на 0,2422 суток);
- **точный солнечный календарь Омара-Хайяма** (1040÷1123 гг.) – (33 простых года по 365 дней и 8 високосных лет по 366 дней. Отклонение в одни сутки накопилось бы за 4.547 лет. Не был использован, так как его астрономическая основа противоречила мусульманской догматике);
- **юлианский календарь («старый стиль»)**, введен с середины I века до н.э. в диктатуру Юлия Цезаря, автор → египетский астроном Созигенон. Отклонение в одни сутки накапливалось за 128 лет); [3 года по 365 дней, а 4-й 366];
- **григорианский календарь («новый стиль»)**, введен в 1582 г. реформой папы Григория XIII (четверг 4.10.1582 г. стали считать следующий день пятницей 15.10.1582 г). Високосными годами стали считать не все последние годы столетий (1600, 1700, 1800, 1900, 2000), а только те, у которых число столетий делится на 4 без остатка. Отклонение в одни сутки накапливается за 3280 лет. В СССР введен Декретом Совета Народных Комиссаров от 25 января 1918 г. февраля 1918 г. предписано считать 14 февраля 1918 г. До 2100 г. разница будет составлять 13 суток, а с 2100 г. → 14 суток. В науке для согласования различных систем летоисчисления применяют сквозной счет дней через годы, столетия и тысячелетия так называемыми юлианскими днями (JD), начиная с 1 января 4713 г. до н.э. (2000 г. → JD = 2.451.544; 2010 г. → JD = 2.455.197; 2020 г. → JD = 2.458.849 на 0 января в $T_{Гр} = 12ч$).

2008 г. – 2.454.466; 2009 г. – 2.454.832; 2010 г. – 2.455.197; 2011 г. – 2.455.562; 2012 г. – 2.455.927; 2013 г. – 2.456.293; 2014 г. – 2.456.658.

Поправки для пересчета дат «старого стиля» в «новый стиль»:

с 01.03.300 г. ÷ 29.02.400 г. → 0 с 01.03.1300 г. ÷ 29.02.1400 г. → +8
с 01.03.400 г. ÷ 29.02.500 г. → +1 с 01.03.1400 г. ÷ 29.02.1500 г. → +9
с 01.03.500 г. ÷ 29.02.600 г. → +2 с 01.03.1500 г. ÷ 29.02.1700 г. → +10
с 01.03.600 г. ÷ 29.02.700 г. → +3 с 01.03.1700 г. ÷ 29.02.1800 г. → +11
с 01.03.700 г. ÷ 29.02.900 г. → +4 с 01.03.1800 г. ÷ 29.02.1900 г. → +12
с 01.03.900 г. ÷ 29.02.1000 г. → +5 с 01.03.1900 г. ÷ 29.02.2100 г. → +13
с 01.03.1000 г. ÷ 29.02.1100 г. → +6 с 01.03.2100 г. ÷ 29.02.2200 г. → +14
с 01.03.1100 г. ÷ 29.02.1300 г. → +7

Совокупность принятого начала отсчета и используемых единиц образуют **систему 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**.

Применение в качестве эталонов времени периодов колебаний атомов вещества выгодно для точного измерения интервалов времени (« π -мезон» живет всего 10^{-15} с, « σ -частица» – 10^{-18} с), но не дает непрерывной шкалы измерения времени.

Природой созданы такие идеальные часы, которые неизменно отсчитывают время. Эти часы есть вращение Земли вокруг своей оси, или что одно и то же, видимое вращение небесной сферы вокруг «условно неподвижной» Земли.

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**.

4.1.2. Звездное время

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).

В этом случае 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 (рис. 4.1).

Небесный меридиан светила можно уподобить указателю (**часовой стрелке**) протекшего времени, а **небесный экватор** «разделить» на соответствующие единицы и использовать как шкалу (**циферблат часов**) для отсчета времени.

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 ~ 0°; 1ч ~ 15°; 6ч ~ 90°; 12ч ~ 180°; 18ч ~ 270°; 24ч ~ 360°.

В астрономии для измерения времени принимают звездные сутки.

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

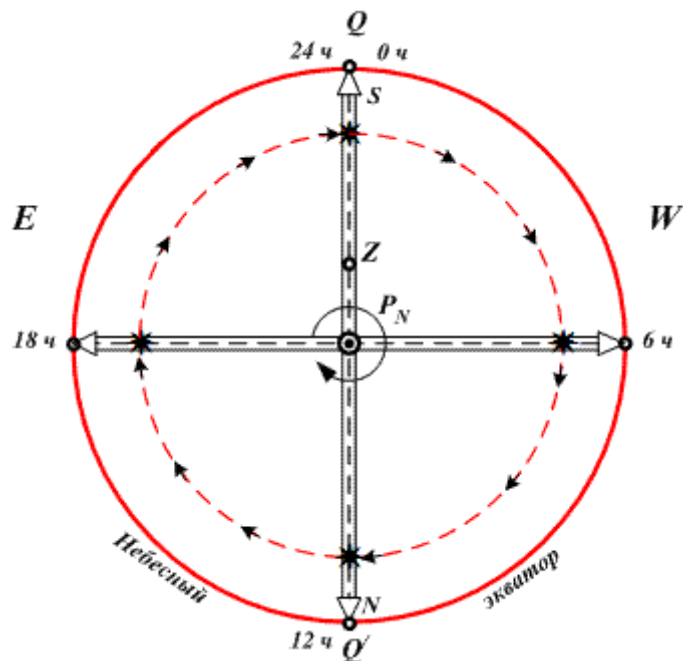


Рис. 4.1. Звездное время

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 (рис. 4.2).

$$S_M = t \gamma_M \quad (4.1)$$

Каждому географическому меридиану соответствует свое звездное местное время.

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

$$S_{ГР} = t \gamma_{ГР} \quad (4.2)$$

Звездное местное время на один и тот же момент для наблюдателей, находящихся на разных меридианах (M_1 и M_2), отличается на величину их разности долгот $\Delta\lambda$.

$$S_{M1} = S_{M2} + \Delta\lambda \quad (4.3)$$

Звездное время гринвичского меридиана ($S_{ГР}$) и местное звездное время наблюдателя отличаются на величину долготы (рис. 4.2):

$$S_{M1} = S_{ГР} + \lambda_E, \quad S_{M2} = S_{ГР} - \lambda_W \quad \text{или} \quad S_M = S_{ГР} \pm \lambda \text{ E/W} \quad (4.4)$$

(«к востоку время старше»).

Звездное время даты не имеет, так как применяется для измерения небольших интервалов времени.

По своей величине звездное время равно западному (вестовому) часовому углу точки « γ », то есть:

$$S_{ГР} = t \gamma_{ГР}, \quad \text{а} \quad S_M = t \gamma_M$$

Если при вычислениях получается, что $t \gamma_M > 360^\circ$, то 360° «отбрасывают».

Из рис. 4.3 следует, что: ...звездное местное время (S_M) равно западному (вестовому) часовому углу любого светила «плюс» прямое восхождение того же светила, то есть:

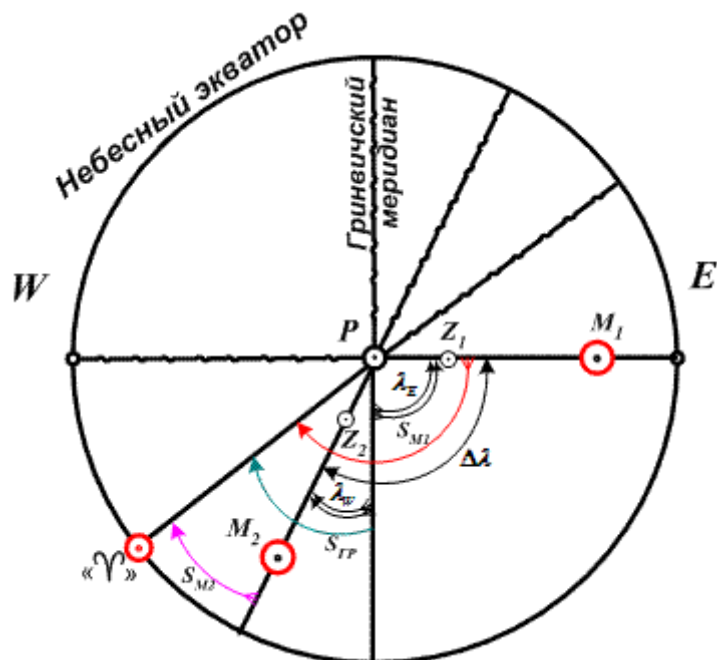


Рис. 4.2. Звездное местное время

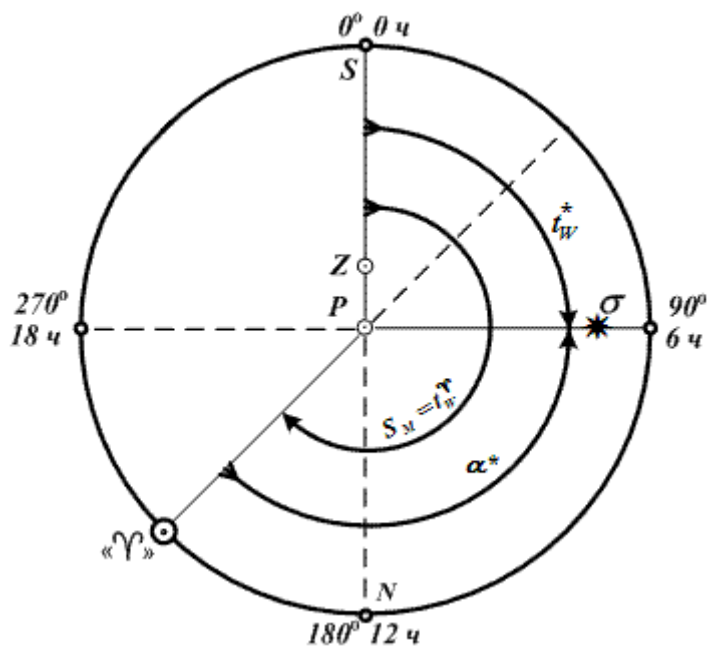


Рис. 4.3. Основная формула времени

$$S_M = t_w^* + \alpha^* \text{ или } t_{\Upsilon_w} = t_w^* + \alpha^* \quad (4.5)$$

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

В момент прохождения светила через меридиан наблюдателя $t_{\Upsilon_w} = \alpha^*$.

Часовой угол, которым выражается звездное время, можно заменить единицами времени (1ч = 15°; 1мин. = 15' и т.д. см. прил. 3 МАЕ на с. 288 «Таблица для перевода угловой меры во временную и обратно»).

В повседневной жизни пользоваться звездным временем неудобно, так как начало звездных суток приходится на различные моменты дня и ночи (с **каждым** днем звездные сутки начинаются на ~ 4 мин. раньше по причине перемещения Солнца по эклиптике примерно на 1° в сутки навстречу своему видимому движению).

- **20 марта** – звездные сутки начинаются в полдень, так как Солнце и точка « γ » кульминируют одновременно.
- **21 июня** – начало звездных суток придется уже на 6 часов по солнечному времени, а через 3 месяца (23 сентября) – на полночь и т.д.

4.1.3. Солнечное время

В повседневной жизни удобнее пользоваться солнечным временем.

Истинные солнечные сутки → интервал времени между двумя последовательными **верхними** кульминациями центра видимого диска Солнца на одном и том же меридиане.

Солнечное время представляет собой часть солнечных суток и измеряется западным (вестовым) часовым углом Солнца ($t_{w\odot}$) → рис. 4.4.

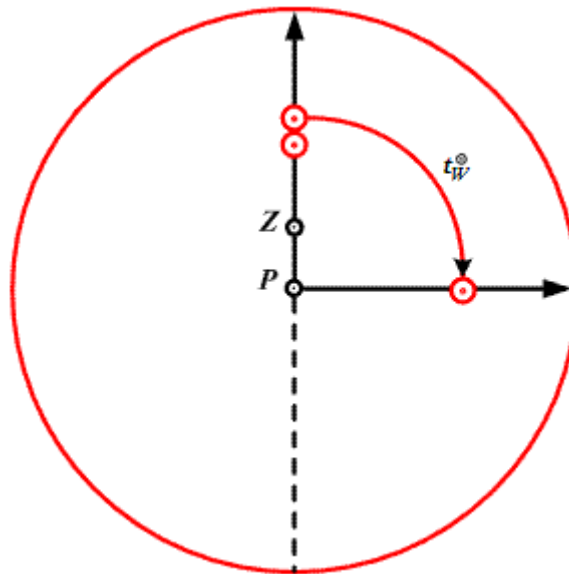


Рис. 4.4. Солнечное время

Солнечные сутки «длиннее» звездных на величину суточного изменения прямого восхождения Солнца ($\Delta\alpha_{\odot}$), значение которой не постоянно:

$$22 \text{ декабря} - \Delta\alpha_{\odot\max} = 66,6'(4\text{м } 26,4\text{с});$$

$$18 \text{ сентября} - \Delta\alpha_{\odot\min} = 53,8'(3\text{м } 35,2\text{с});$$

то есть:

23 декабря – самые длинные в году истинные солнечные сутки, а **18 сентября** – самые короткие. Разница между самыми длинными и самыми короткими в году истинными солнечными сутками достигает величины **51с** и является следствием эллиптического движения центра тяжести системы «Земля + Луна» вокруг Солнца.

Пользоваться переменной единицей времени неудобно.

Чтобы получить постоянную единицу времени **введены понятия среднего Солнца \oplus и средних солнечных суток**.

Среднее Солнце → это фиктивная точка, движущаяся по небесному экватору (а не по эклиптике) с постоянной скоростью $\Delta\alpha_{\oplus} = 59,14'$. $\Delta\alpha_{\oplus} = 3\text{м } 56,6\text{с зв.ед.}$

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

Средние солнечные сутки «длиннее» звездных на 3м 56,56с и короче истинных ~ на 8с.

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

$$T = t_{w\oplus} \pm 12\text{ч} \quad (4.6)$$

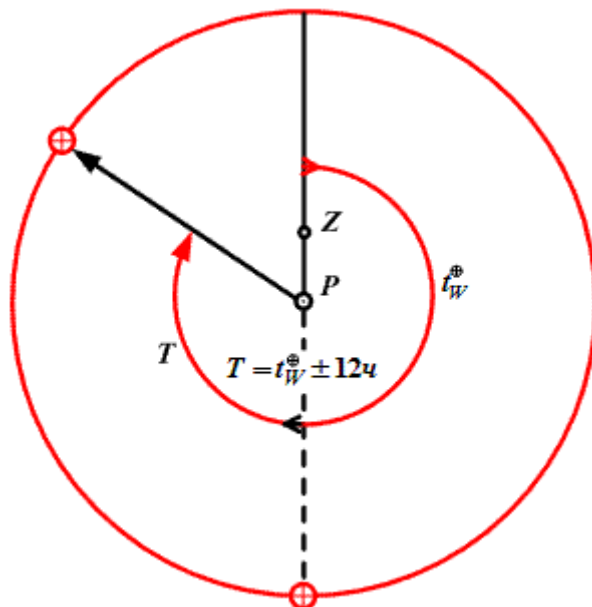


Рис. 4.5. Среднее солнечное время

За начало счета *среднего солнечного времени* принята полночь. Счет среднего солнечного времени от полуночи в астрономии введен лишь в 1925 году.

До 1 января 1925 г. астрономические средние сутки начинались в полдень, а гражданские средние сутки – в предшествующую полночь.

Меридиан истинного Солнца «опережает» или «отстает» от меридиана среднего Солнца. Четыре раза в году ($\eta = 0 \rightarrow 15.4; 14.6; 1.9; 24.12$) они совпадают и дважды расходятся на максимальные углы (11 февраля $\approx +14$ м 16 с – среднее время впереди истинного; 2 ноября ≈ -16 м 24 с – среднее время позади истинного).

Величина

$$\eta = t_w^{\oplus} - t_{\odot} = \alpha_{\odot} - \alpha_{\oplus} \quad (4.7)$$

называется *уравнением времени*. Значение этой величины приводится на правой странице ET МАЕ на каждый день текущего года.

Например: на 5.06.2000 г. $\rightarrow \eta = -1$ мин 34 с, т.е. среднее время позади истинного;

на 25.07.2000 г. $\rightarrow \eta = +6$ мин 29 с, т.е. среднее время впереди истинного.

$$T = t_{\odot} + \eta + 12ч \quad (4.8)$$

формула, связывающая среднее и истинное солнечное время.

Средние сутки служат основой измерения времени в повседневной жизни.

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

В 1959 г. швейцарская фирма «Нардэн» изготовила хронометр, одновременно показывающий среднее солнечное время (часы, минуты, секунды) и звездное гринвичское время (десятки градусов, градусы, минуты и десятки угловых секунд). Синхронизация солнечного и звездного времени обеспечивалась с точностью до **1,4с** в год.

Средними солнечными сутками ведется **календарный счет дней в году:** по прошествии 24 часов (одних суток) календарная дата увеличивается на единицу, а счет среднего времени начинается с начала от **0** до **24ч**.

Примечание: далее слово «солнечные» опускается.

4.1.4. Единицы измерения времени

1 средние сутки = 24 ср. часам; 1 ср. час = 60 ср. мин; 1 ср. мин = 60 ср. с; 1 ср. с = 10^3 мс = 10^6 мкс.

$$1 \text{ секунда} = 1/86.400 \text{ часть средних суток} \quad (4.9)$$

В одних средних сутках 86.400 секунд, то есть 24 ср. часа \times 60 ср. мин. \times 60 ср. с. = 86400 с.

Так определялась длительность «1с» до принятия *эфемеридного времени*, то есть до 1955 г.

Вариации длительности средних суток, получаемой на основе периода вращения Земли, хотя и невелики, но нерегулярны и их нельзя предсказать. Именно поэтому определение единицы измерения времени секунды как 1/86400 части средних суток оказалось совершенно недостаточным по точности при современном развитии науки и техники.

С 1955 года за основу для определения длительности «1с» берется уже не длительность средних суток, а длительность тропического года.

Тропический год \rightarrow промежутку времени между двумя последовательными прохождениями среднего Солнца через точку « Υ ». За 1.000 лет, вследствие замедления вращения Земли, продолжительность тропического года уменьшается \sim на 5,3с.

В тропическом году звездных суток содержится ровно на одни больше, чем средних суток, так как, двигаясь по своей орбите, Земля совершает в течении года один дополнительный оборот относительно звезд.

$$1 \text{ троп. год} = 365,2422 \text{ ср. сут.} = 366,2422 \text{ зв. сут.}$$

$$1 \text{ ср. сут.} = 1,002738 \text{ зв. сут.} = 24 \text{ ч } 03 \text{ м } 56,6 \text{ с зв. ед.}$$

$$1 \text{ зв. сут.} = 0,997270 \text{ ср. сут.} = 23 \text{ ч } 56 \text{ м } 04,1 \text{ с ср. ед.}$$

$$\Delta S = 1,002738 \Delta T, \Delta T = 0,997270 \Delta S.$$

В системе эфемеридного времени **эфемеридные сутки определяются как:** 1/365.24219878177 часть тропического года эпохи 1900,0, а длительность секунды как 1/31.556.925,975 часть тропического года, в момент 1990, января, 0,12ч эфемеридного времени.

Принятая в качестве эталона длительность тропического года взамен длительности средних суток позволила повысить точность определения единиц времени почти в 1.000 раз.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам была принята единая международная система единиц «СИ» и уточнена средняя секунда, как:

$$1 \text{ с} = 1/31.556.925,9747 \quad (4.10)$$

часть тропического года отнесенная к дате 1900 г. января 0,12ч эфемеридного времени (полдень 31 декабря 1899 г. по календарю).

Эфемеридное время (ЕТ) \rightarrow система измерения времени, в которой длительность единицы времени постоянна и равна эфемеридной секунде в формулировке, указанной XI конференцией 1960 г.

Введение эфемеридного времени дало эталон времени, отвечающий основному требованию метрологии – постоянству самой единицы измерения во времени.

Переход от всемирного времени (UT) к эфемеридному времени (ЕТ) осуществляется с помощью поправки, публикуемой в *Астрономических Ежегодниках* (в эпоху 1970,5 $\Delta UT = +39,7 \text{ с}$).

Наилучшее приближение к ходу абсолютно равномерного времени достигается применением атомных и молекулярных эталонов частоты и времени.

С помощью атомных эталонов можно с высокой точностью воспроизводить длительность эфемеридной секунды в любой период времени.

В 1964 г. XIII Генеральная конференция по мерам и весам дала **определение** атомного эталона времени \rightarrow **секунды, как интервала времени, в течение которого совершается 9.192.631.770 колебаний, соответствующих резонансной частоте энергетического перехода между уровнями сверхтонкой структуры основного состояния, атома цезия-133 при отсутствии возмущений внешними полями.**

Атомные эталоны воспроизводят длительность эфемеридной секунды с погрешностью $1 \cdot 10^{-11} \text{ с}$.

Время, измеряемое с помощью атомных единиц, называется *атомным временем* (АТ).

Атомная система измерения времени не дает непрерывного и независимого от деятельности человека измерения времени. В АТ постоянна только сама единица – атомная секунда.

Астрономическая и атомная системы измерения времени применяются совместно.

До изготовления молекулярных (атомных) часов эталоном времени служили **кварцевые часы, работающие в 10 раз более равномерно, чем вращение Земли вокруг своей оси** (в 1943 г. первой на кварцевые часы перешла Гринвичская обсерватория).

Новые (атомные) хранители времени работают в **100 раз равномернее вращения Земли**. Первые в мире молекулярные часы были изготовлены в 1948 г. в Швейцарии.

АТ1 – международное атомное время.

UTC (SU) – всемирное координированное время → это равномерное время, шкала которого при необходимости сдвигается ровно на **1с** относительно международной атомной шкалы времени АТ1 так, чтобы рассогласование UTC и UT1 оставалось незначительным (**не > 0,7с**).

Расхождение шкал времени UT1 ($T_{гр}$) и UTC более 1с не допускается.

Корректурa заключается в введении дополнительной положительной или отрицательной секунды (1 января, 1 апреля, 1 июля, 1 октября):

«+1с» – последние сутки прошедшего месяца удлиняются на 1с;

«-1с» – последние сутки прошедшего месяца укорачиваются на 1с.

Информация о знаке и величине T_k сообщается ежедневно. Точность определения T_k по радиосигналам отечественных станций → до 0,02с.

Сигналы точного времени ведущих радиостанций: РБУ (ДВ), РВМ, РАТ (КВ) не отклоняются от шкалы государственного эталона времени и частоты более чем на **0,00003с** (других радиостанций – не более чем на **0,0001с**).

Вещательные сигналы проверки времени в виде 6 импульсов дают погрешность от **0,1с до 0,5с** (начало последнего шестого сигнала соответствует 00м 00с очередного часа).

Государственная служба времени и частоты определяет эталонное время, хранит его, передает информацию о точном времени и эталонных частотах с помощью радиосигналов времени и частоты, контролирует прохождение этих сигналов и сообщает их поправки.

Деятельность Государственной службы времени и частоты координируется Международным Бюро времени, которое вырабатывает обобщенную информацию о международном атомном времени АТ1.

4.2. Системы счета времени

4.2.1. Местное (меридианное) время

Началом счета среднего времени (началом средних солнечных суток) считается момент пересечения средним Солнцем **полуночной** части меридиана наблюдателя.

Следовательно, если несколько наблюдателей на Земле будут находиться на одной какой-то части одного и того же меридиана, то время для каждого из них будет одинаково.

Местное среднее время (T_M) – это промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на местном меридиане до данного момента, выраженный в средних солнечных единицах.

Другими словами: **местное время** – время отсчитываемое от меридиана данного места (рис. 4.6).

Для первого наблюдателя, находящегося на меридиане Q_1Q_1' , местное время – T_{M1} .

Для второго наблюдателя, находящегося на меридиане Q_2Q_2' , местное время – T_{M2} .

Из рисунка 4.6 следует, что местное время первого наблюдателя, находящегося восточнее второго наблюдателя → больше, то есть «**к востоку время старше**». Для каждого меридиана местное время «свое» и его еще называют **меридианным**.

Местное время 2-х наблюдателей, отстоящих друг от друга на 1° по долготе отличается на 4 минуты.

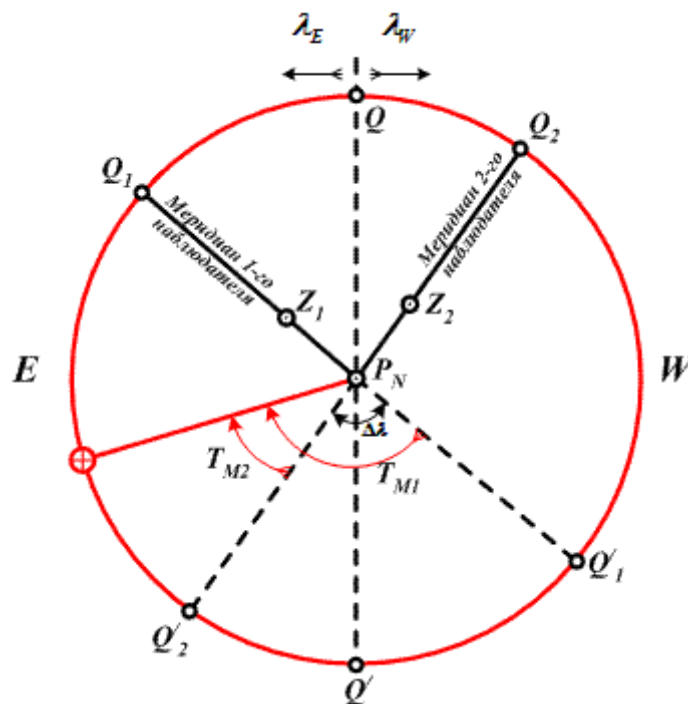


Рис. 4.6. Местное (меридианное) время

Местное (меридианное) время наблюдателей отличается на величину разности их долгот ($\Delta\lambda$).

Для I-го наблюдателя, находящегося восточнее II-го наблюдателя: $T_{M1} = T_{M2} + \Delta\lambda$.

Для II-го наблюдателя, находящегося западнее I-го наблюдателя: $T_{M2} = T_{M1} - \Delta\lambda$.

На кораблях нашего флота местное среднее время использовалось до **1 мая 1918 г.** При плавании в составе эскадры единство счета местного времени на всех кораблях достигалось сигналом флагмана «Адмирал показывает полдень».

4.2.2. Всемирное (гринвичское) время

Исторически сложилось так, что с **1884 г.** за начальный (нулевой) меридиан принят **меридиан Гринвича** – меридиан проходивший через ось одного из телескопов прежней Гринвичской обсерватории, основанной в **1675 г.** и находившейся в предместье Лондона (Англия).

Примечания:

1. Новая Гринвичская обсерватория размещена в замке Херстмонсо, расположенного на юге Англии в 15 км от побережья пролива Ла-Манш к востоку от нулевого меридиана на **20'25"**.

Прежняя Гринвичская обсерватория существовала до 1953 г. (278 лет).

2. С 1493 г. нулевой меридиан делил подлунный мир между Испанией и Португалией и пересекал Атлантический океан от полюса до полюса.
3. С 1634 г. нулевой меридиан провели через самую западную точку Старого Света западную оконечность самого западного из Канарских островов – о. Ферро.

Всемирное (гринвичское) время – это промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на гринвичском (нулевом) меридиане до данного момента, выраженный в средних солнечных единицах.

Другими словами: всемирное (гринвичское) время → время, отсчитываемое от полуночной части нулевого (гринвичского) меридиана (рис. 4.7).

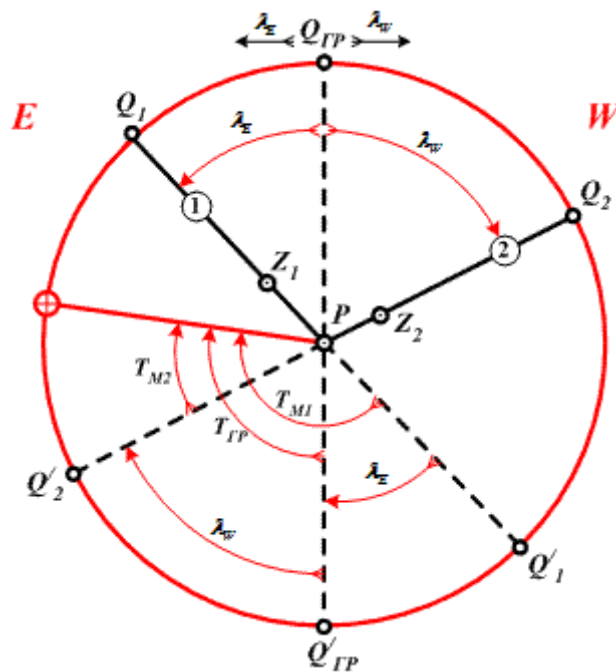


Рис. 4.7. Всемирное (гринвичское) время

T_{GP} – это среднее время нулевого меридиана.

Для первого наблюдателя, находящегося восточнее гринвичского (нулевого) меридиана (меридиан $Q_1Q'_1$), его местное время (T_{M1}) будет больше гринвичского на величину долготы места, выраженной в единицах времени:

$$T_{M1} = T_{GP} + \lambda_E \quad (4.11)$$

Для второго наблюдателя, находящегося западнее гринвичского (нулевого) меридиана (меридиан $Q_2Q'_2$), его местное время (T_{M2}) будет меньше гринвичского на величину долготы места, выраженной в единицах времени:

$$T_{M2} = T_{GP} - \lambda_W \quad (4.12)$$

Таким образом, всемирное (гринвичское) время и местное время наблюдателя связаны соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} T_M &= T_{GP} \pm \lambda E/W, \\ T_{GP} &= T_M \mp \lambda E/W \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

4.2.3. Поясное время

Пользоваться в повседневной жизни местным временем неудобно. При перемещении наблюдателя по параллели на 1° долготы на восток необходимо «передвинуть» минутную стрелку часов на 4 минуты вперед, а при перемещении на ту же величину (на 1° долготы) на запад – на 4 минуты назад.

Особенно много неудобств при местной системе счета времени появилось при развитии железнодорожного транспорта. Достаточно отметить, что к 1883 г. на железных дорогах США образовалось 75 различных систем счета местного времени, что вызвало большую путаницу в расписаниях движения поездов.

В 1879 г. канадский инженер-железнодорожник Сандфорд Флеминг предложил идею о введении поясного времени и с 1883 г. эта идея была принята в США и Канаде, а с 1884 г. официально утверждена.

По системе поясного времени вся поверхность Земли разделена на 24 часовых пояса по 15° долготы каждый (11 – восточных, 11 – западных, 1 – нулевой и 1 – двенадцатый). Нулевой и двенадцатый часовые пояса включают в себя по $7,5^\circ$ восточной и западной долготы. Ось нулевого пояса совпадает с меридианом Гринвича (рис. 4.8).

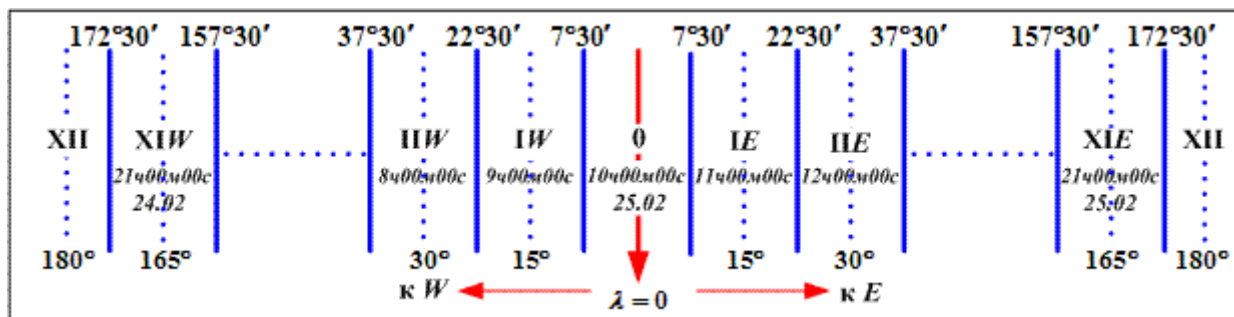


Рис. 4.8. Часовые пояса

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.

Поясное время (T_N) – это местное среднее время осевого меридиана пояса, распространенное на территории всего пояса.

Таким образом, все измерители времени на Земле в один и тот же момент должны показывать одинаковое число минут и секунд, а число часов – в зависимости от номера часового пояса «№» → см. табл. 4.1.

Таблица 4.1.

| $N_{\lambda} = 12$ | $N_{\lambda} = 11W$ | | $N_{\lambda} = 2W$ | $N_{\lambda} = 1W$ | $N_{\lambda} = 0$ | $N_{\lambda} = 1E$ | $N_{lambda} = 2E$ | | $N_{\lambda} = 11E$ | $N_{\lambda} = 12$ |
|--------------------|---------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------|---------------------|--------------------|
| 22ч23м10с 24.02 | 23ч23м10с | | 8ч23м10с | 9ч23м10с | 10ч23м10с 25.02 | 11ч23м10с | 12ч23м10с | | 21ч23м10с | 22ч23м10с 25.02 |

Для определения номера часового пояса ($N_{\lambda}E/W$) необходимо географическую долготу наблюдателя разделить на 15° . Целое частное и укажет номер часового пояса; если остаток от деления будет больше, чем $7^\circ30'$, к частному от деления нужно прибавить 1. Например: $\lambda = 38^\circ E$; $N_{\lambda} = 38^\circ : 15^\circ = 2 + 8^\circ$ и так как $8^\circ > 7^\circ30'$, то $N_{\lambda} = 3E$.

На территории РСФСР поясное время начало действовать с 1 июля 1919 г. и было определено специальным декретом Совета Народных Комиссаров от 8 февраля 1919 г.

«... В целях установления однообразного со всем цивилизованным миром счета времени в течении суток, обуславливающего на всем земном шаре одни и те же показания часов в минутах и секундах и значительно упрощающего регистрацию взаимоотношений народов, общественных событий и большинства явлений природы во времени...».

С 17 января 1924 г. поясное время начало действовать на всей территории бывшего СССР.

С 1 марта 1957 г. для территории бывшего СССР были установлены новые границы часовых поясов.

В целях удобства границы часовых поясов не проводят строго по меридианам, а совмещают с границами государств, административными границами, водными рубежами, горными хребтами и пр.

Например:

Европейская часть бывшего СССР живет по времени II часового пояса:

- (– западноевропейское время → время «0» часового пояса;
- средневропейское время → время «1E» часового пояса;
- восточноевропейское время → время «2E» часового пояса;
- московское время → время «3E» часового пояса).

Переход от местного времени к поясному и наоборот осуществляется по формуле:

$$\left. \begin{aligned} T_N &= (T_M \mp \lambda E/W) \pm N E/W = T_{Гр} \pm N E/W \\ T_M &= (T_N \mp N E/W) \pm \lambda E/W \end{aligned} \right\} \quad (4.14)$$

4.2.4. Декретное, летнее и судовое время

Англичане живут по Лондонскому времени, которое больше Гринвичского ровно на 1 час.

В 1974 г. в США введено декретное круглогодичное время.

В СССР декретом Совета Народных Комиссаров от 16 июня 1930 г. все часы переведены на 1 час вперед.

Изменяемое таким образом поясное время называется **декретным временем** (T_D).

$$T_D = T_N + 1 \text{ час} \quad (4.15)$$

Введение декретного часа сделано для более рационального использования *светлого времени суток* и экономии электроэнергии.

Декретное время второго восточного часового пояса «2E», в котором находится г. Москва, называется **московским временем**, которое отличается от гринвичского на **3 часа больше**.

Для более рационального использования естественного света в течение суток и перераспределения электроэнергии между бытовыми объектами и промышленными предприятиями в ряде стран, по решению их правительств, **на летние месяцы часы переводятся вперед на 1 час (иногда на 2 часа).** Такое время называют **летним временем**.

Летнее время впервые было введено в Англии в 1916 году.

Наша страна начала применять летнее время с 1981 года.

Летнее время на территории бывшего СССР начинало действовать с 2-х часов ночи последнего воскресенья марта месяца (стрелки всех часов переводятся ровно на **1 час вперед**) и заканчивалось в 2 часа ночи последнего воскресенья сентября (а в настоящее время октября) месяца (стрелки часов переводятся ровно на **1 час назад**).

Суммарная экономия электроэнергии от введения летнего времени составляла для бывшего СССР примерно 7 миллиардов киловатт часов.

Летнее московское время отличается от гринвичского на 4 часа, то есть:

$$T_D = T_{GP} + 4 \text{ часа} \quad (4.17)$$

Украина зимой живет по поясному времени «2E» часового пояса и отличается от Всемирного (гринвичского) времени на «+2 часа», а летом → на «+3 часа».

Мореплаватели используют *судовое время* → поясное время того часового пояса, по которому установлены часы на судне.

Для расчета судового времени по заданному Гринвичскому (всемирному) времени применяется формула:

$$\left. \begin{aligned} T_c &= T_{GP} \pm N E/W \\ T_c &= T_M \mp \lambda E/W \pm N E/W \end{aligned} \right\} \quad (4.18)$$

где $N E/W$ – номер часового пояса, поясное время которого принято за судовое.

Судовое время может не соответствовать поясному времени, отвечающему долготе места.

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.

Неверно избранный счет судового времени приводит к физиологическому и психологическому перенапряжению экипажа.

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.

4.3. Демаркационная линия времени

20 сентября 1519 года из г. Севильи началось кругосветное плавание Франциско Фернана Магеллана.

В 1522 году, после 3-х летних скитаний, 18 уцелевших участников плавания на каравелле «Виктория» добираются до островов Зеленого Мыса. Здесь летописец плавания, штурман Магеллана, Антонио Пифагетта обнаружил пропажу одних суток.

Служители церкви обвинили участников плавания в том, что они несвоевременно отмечали религиозные праздники.

Летопись плавания велась ежедневно и ошибка Пифагетта исключается. Куда же делись целые сутки?

Дело в том, что, двигаясь с востока на запад, за все время плавания участники экспедиции сделали один оборот вокруг Земли, что равнозначно одному обороту Земли вокруг своей оси, то есть одним суткам.

В своем плавании экспедиция Магеллана пересекла меридиан 180° с востока (E) на запад (W), а дату не изменила.

Чтобы избавиться от путаницы в календарных датах астрономы установили строгую **линию перемены дат**.

Эта линия называется **демаркационной линией времени** и проходит по Тихому океану в пределах двенадцатого часового пояса.

По решению Международной меридианной конференции 1884 года именно здесь начинается **новый день**.

Только здесь и нигде больше на земном шаре можно, образно говоря, сделав один шаг, перебраться «из сегодня во вчера» (рис. 4.9).

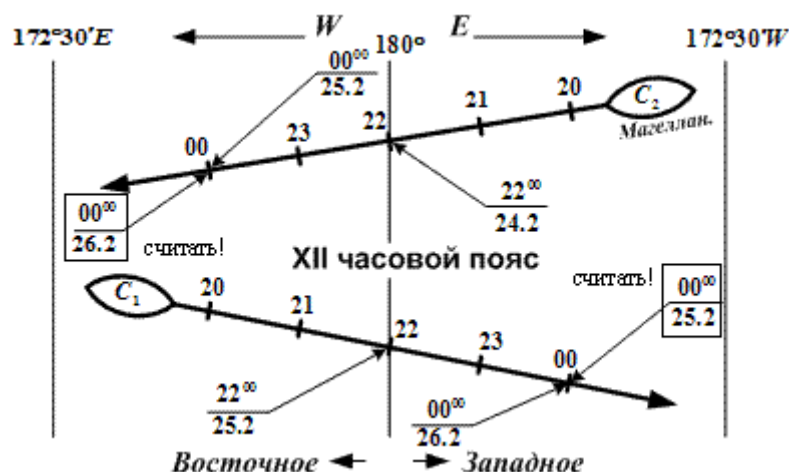


Рис. 4.9. Демаркационная линия времени

Пусть в нулевом (гринвичском) часовом поясе часы показывают **10⁰⁰ 25 февраля**. Тогда, в двенадцатом восточном часовом поясе ($N = 12E$) на 12 часов больше и часы покажут **22⁰⁰ 25 февраля** («время к востоку старше»), а в двенадцатом западном часовом поясе ($N = 12W$) в тот же момент будет на 12 часов меньше чем на гринвичском меридиане и часы покажут **22⁰⁰ 24 февраля**.

Разница составит одни сутки.

Судно C_1 , пересекающее меридиан 180° **восточным курсом**, переходя в западное полушарие, попадает как бы «во **вчерашний**» день; а судно C_2 , следующее **западным курсом**, переходя в восточное полушарие, попадет как бы «в **завтрашний**» день.

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

Судно C_2 , пересекающее эту линию с востока (E) на запад (W), должно изменить календарную дату на следующую ($22^{00} 24.2$ считать $22^{00} 25.2$), то есть **исключить целые сутки**.

Судно C_1 , пересекающее эту линию с запада (W) на восток (E), должно изменить календарную дату на предыдущую ($22^{00} 25.2$ считать $22^{00} 24.2$), то есть **прожить прошедшие сутки еще раз**.

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

При пересечении демаркационной линии в западном направлении (судно C_2), в ближайшую полночь меняет дату сразу на двое суток (с 24.2 на 26.2) и **одно число выпадает из календаря вообще**. Именно этого не учли участники кругосветного плавания Ф. Магеллана.

При пересечении демаркационной линии в восточном направлении (судно C_1), в ближайшую полночь начинают считать прежнюю дату (не $00^{00} 26.2$ а $00^{00} 25.2$), то есть **одно и тоже число (25.2) длится 2 суток** подряд.

4.4. Поправки измерителей времени

Поправка измерителя времени → это разность (часы, минуты, секунды) между Всемирным (гринвичским) временем ($T_{ГР}$) и показанием данного измерителя времени (T) в один и тот же момент.

$$U = T_{ГР} - T \quad (4.19)$$

В качестве измерителей времени могут быть использованы **хронометр и палубные часы**, а при их отсутствии и другие высокоточные измерители → т.н. «рабочие часы»; к которым можно отнести:

- **электронные наручные часы** (постоянно высвечиваются и секунды);
- **высокоточные механические (кварцевые) часы с центральной секундной стрелкой**.

При решении задач мореходной астрономии всемирное (гринвичское) время должно быть известно с погрешностью не превышающей « $\pm 0,5с$ ».

Для выполнения такого условия необходимо знать поправку хронометра (часов) на любой момент времени.

Поправкой хронометра (часов) называется разность между **Всемирным (гринвичским) временем и показанием хронометра (часов) в один и тот же момент**, то есть:

$$U_{ХР} = T_{ГР} - T_{ХР} \text{ или } U_{ч} = T_{ГР} - T_{ч} \quad (4.20)$$

Поправка хронометра (часов) определяется по радиосигналам времени, которые передаются в виде:

- **сигналов точного времени**, в том числе и ритмических сигналов;
- **сигналов проверки времени** (шесть точек), передаваемых через широкоэвещательные радиостанции.

Сигналы точного времени передаются отечественной длинноволновой радиостанцией **РБУ** и коротковолновыми радиостанциями **РВМ** и **РАТ**.

Сигналы проверки времени в виде шести секундных импульсов длительностью $0,1с$ каждый передаются в системе координированного времени TUC **в конце каждого часа**.

Момент начала передачи первого сигнала соответствует $59м 55с$ текущего часа, момент начала передачи шестого (чуть удлиненного) сигнала → $00м 00с$, то есть началу очередного часа.

Настроив радиоприемник на радиостанцию, передающую сигналы времени и, зная какому всемирному (гринвичскому) времени соответствуют эти сигналы, сняв показания хронометра (часов) на

момент передачи (последнего из шести) сигнала, рассчитывается поправка хронометра (часов) по формуле (4.20).

Поправка хронометра определяется ежедневно, а поправку часов желательно дополнительно определить перед астрономическими наблюдениями или сразу после их выполнения.

Рассчитанные значения поправок хронометра (часов) записываются в «**Журнал хронометров и часов**».

Зная поправку хронометра (часов) можно определить точное гринвичское время по формуле:

$$T_{GP} = T_{XP} + U_{XP} \text{ или } T_{GP} = T_{\text{ч}} + U_{\text{ч}} \quad (4.21)$$

По истечении 7-10 (как правило 10) суток можно определить *суточный ход* измерителя времени, но при двух условиях:

- измеритель времени не останавливался в течение этого периода;
- его поправка определялась ежедневно.

Суточный ход хронометра (часов) – это величина изменения поправки хронометра (часов) ровно за одни сутки:

$$\omega_{XP} = \frac{U_{XP2} - U_{XP1}}{\Delta T} \text{ или } \omega_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ч}2} - U_{\text{ч}1}}{\Delta T} \quad (4.22)$$

где U_{XP1} ($U_{\text{ч}1}$) – поправка хронометра (часов) в первый день;

U_{XP2} ($U_{\text{ч}2}$) – поправка хронометра (часов) через ΔT суток (ровно 10 суток);

ΔT – число суток (целые и десятые и не менее семи) между первым днем и днем определения суточного хода.

Для перевода числа часов в доли суток имеется специальная таблица в «**Журнале хронометров и часов**» и в **таблице 43а «МТ-75»** на с. 313, и в таблице 5.14 «МТ-2000» на с. 436 → (см. табл. 4.2).

Таблица 4.2.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Число часов | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Доли суток | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,25 | 0,29 | 0,33 | 0,38 | 0,42 | 0,46 | 0,50 |
| Число часов | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Доли суток | 0,54 | 0,58 | 0,63 | 0,67 | 0,71 | 0,75 | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 0,92 | 0,96 | 1,00 |

Зная суточный ход измерителя времени и не имея возможности определить его поправку по радиосигналам времени можно вычислить поправку измерителя времени по его суточному ходу на любой момент времени по формуле:

$$\left. \begin{aligned} U_{XP3} &= U_{XP2} + \omega_{XP} \cdot (T_3 - T_2) \\ U_{\text{ч}3} &= U_{\text{ч}2} + \omega_{\text{ч}} \cdot (T_3 - T_2) \end{aligned} \right\} \quad (4.23)$$

где U_{XP2} ($U_{\text{ч}2}$) – значение последней поправки измерителя времени, определенной по радиосигналам времени;

ω_{XP} ($\omega_{\text{ч}}$) – значение суточного хода хронометра (часов);

$(T_3 - T_2)$ – разность времени (сутки и их доли) между временем, на которое рассчитывается поправка и временем, на которое была определена эта поправка (U_{XP2} или $U_{\text{ч}2}$) по радиосигналам времени.

Такой прием должен применяться и при каждом определении места астрономическим способом, если не было возможности определить поправку измерителя времени по радиосигналам времени непосредственно перед астрономическими наблюдениями или сразу после их выполнения.

Например: В 10⁰⁰ 10 июня U_{XP1} ($U_{\text{ч}1}$) = + 0,5с.

В 10⁰⁰ 20 июня U_{XP2} ($U_{\text{ч}2}$) = + 5,5с.

Рассчитать U_{XP3} ($U_{\text{ч}3}$) по суточному ходу на 18⁰⁰ 21 июня.

Решение:

1. Рассчитываем суточный ход хронометра (часов):

$$\omega_{XP}(\omega_{\text{ч}}) = \frac{(+5,5^c) - (+0,5^c)}{10} = +0,5^c.$$

2. Рассчитываем поправку хронометра (часов) по суточному ходу на 18⁰⁰ 21 июня.

$$U_{XP}(U_{\text{ч}}) = +5,5c + 0,5c \cdot 1,33\text{сут} \approx +6,2c.$$

Моменты измерения высот светил навигационным секстантом замечаются, как правило, по обыкновенным (наручным) часам, поправка которых неизвестна.

Поправка этих часов может быть определена «по *сличению*» с тем измерителем времени, поправка которого известна.

Сличением называется разность одновременных показаний хронометра (часов) поправка которого (которых) известна и рабочих часов, поправку которых требуется определить, то есть:

$$СЛ = T_{XP} - T_{\text{ч}2} \text{ или } СЛ = T_{\text{ч}1} - T_{\text{ч}2} \quad (4.24)$$

– поправка первых часов ($U_{\text{ч}1}$) известна.

Имея значение «сличения» можно определить и поправку рабочих часов ($U_{\text{ч}2}$):

$$U_{\text{ч}2} = U_{XP}(U_{\text{ч}1}) + СЛ \quad (4.25)$$

где $U_{XP}(U_{\text{ч}1})$ – известное значение поправки хронометра (часов).

4.4.1. Методика определения поправки рабочих часов по сличению с хронометром

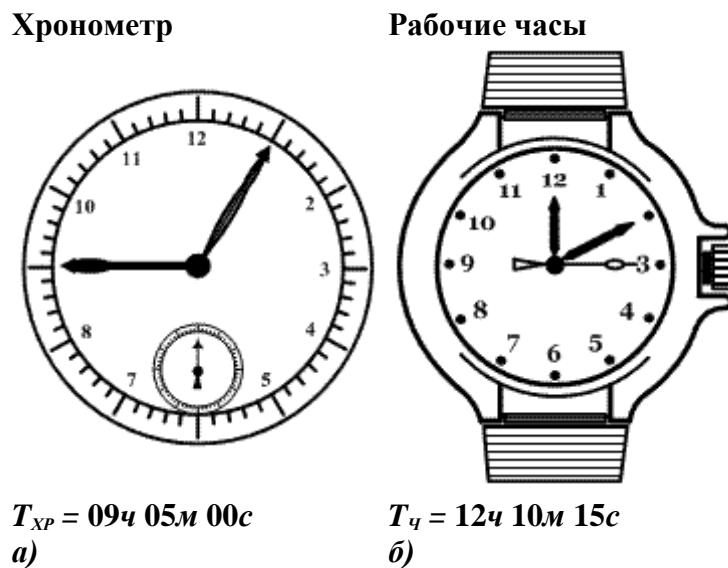


Рис. 4.10. Определение поправки часов по сличению с хронометром

А. Одним наблюдателем

1. Открыть обе крышки ящика хронометра и записать время, кратное следующей за текущей, минуте ($T_{XP} = 09ч 05м 00с$).
2. Настроиться на счет секундных «ударов» хронометра и за 10с до записанного времени (09ч 04м 50с) начать счет этих «ударов»: «ноль – один» (51с), «ноль – два» (52с), «ноль – три» (53с), и т.д., наблюдая при этом за секундной стрелкой хронометра.

- При счете «ноль – пять» (55с), перевести взгляд на секундную стрелку рабочих часов и, слушая «удары» хронометра, продолжать их счет: «ноль – шесть» (56с), «ноль – семь» (57с), и т.д., наблюдая при этом за секундной стрелкой часов.
- При счете «ноль – десять» (60с) – записать показания рабочих часов ($T_{\text{ч}} = 12\text{ч } 10\text{м } 15\text{с}$).
- Рассчитать значение сличения:

$$CЛ = T_{\text{XP}} - T_{\text{ч}} = 09\text{ч } 05\text{м } 00\text{с} - 12\text{ч } 10\text{м } 15\text{с} = -3\text{ч } 05\text{м } 15\text{с}.$$

- Из «Журнала хронометра и часов» выбрать значение поправки данного хронометра на текущие сутки, или уточнить ее значение по суточному ходу хронометра ($U_{\text{XP}} = +3\text{м } 25\text{с}$).
- Рассчитать поправку рабочих часов:

$$U_{\text{ч}} = CЛ + U_{\text{XP}} = -3\text{ч } 05\text{м } 15\text{с} + 3\text{м } 25\text{с} = -3\text{ч } 01\text{м } 50\text{с}.$$

Ответ: $U_{\text{ч}} = -3\text{ч } 01\text{м } 50\text{с}$.

Б. Двумя наблюдателями

- По команде первого наблюдателя «Товсь! Ноль!»:
 - второй наблюдатель замечает время по рабочим часам ($T_{\text{ч}} = 12\text{ч } 11\text{м } 25\text{с}$);
 - первый наблюдатель замечает время по хронометру ($T_{\text{XP}} = 09\text{ч } 06\text{м } 10\text{с}$).
- Далее см. п.п. 5, 6, 7 раздела А (одним наблюдателем).

4.4.2. Задачи на вычисление поправки часов по сличению с хронометром

| | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $-T_{\text{XP}}$ | 12ч35 м00с | 12ч39м 00с | 12ч43м 00с | 12ч51м 00с | 12ч58м 00с | 12ч54м 00с | 13ч06м 00с | 13ч09м 00с | 13ч13м 00с | 13ч21м 00с | 13ч25м 00с | 13ч29м 00с | 13ч37м 00с | 13ч41м 00с | 13ч45м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 15ч34 м22с | 15ч38м 27с | 15ч41м 53с | 15ч51м 02с | 15ч58м 18с | 15ч54м 21с | 16ч05м 44с | 16ч08м 44с | 16ч12м 46с | 16ч22м 10с | 16ч26м 12с | 16ч30м 14с | 16ч36м 08с | 16ч40м 10с | 16ч44м 12с |
| CЛ | – 2ч59м 22с | – 2ч59м2 7с | – 2ч58м5 3с | – 3ч00м0 2с | – 3ч00м1 8с | – 2ч58м5 3с | – 2ч59м4 4с | – 2ч59м4 4с | – 2ч59м4 6с | – 3ч01м1 0с | – 3ч01м1 2с | – 3ч01м1 4с | – 3ч59м0 8с | – 3ч59м1 0с | – 2ч59м1 2с |
| $+U_{\text{XP}}$ | +15с | +20с | –14с | –10с | +6с | +9с | –10с | +6с | +9с | +8с | +10с | +12с | +16с | +18с | +20с |
| $=U_{\text{ч}}$ | –2ч59м07с | | | –3ч00м12с | | | –2ч59м42с | | | –3ч01м02с | | | –2ч58м52с | | |
| | 6 | | | 7 | | | 8 | | | 9 | | | 10 | | |
| $-T_{\text{XP}}$ | 13ч53 м00с | 13ч57м 00с | 14ч01м 00с | 14ч09м 00с | 14ч13м 00с | 14ч17м 00с | 14ч25м 00с | 14ч29м 00с | 14ч33м 00с | 12ч36м 00с | 12ч40м 00с | 12ч44м 00с | 12ч52м 00с | 12ч55м 00с | 12ч59м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 16ч54 м09с | 16ч58м 11с | 17ч02м 13с | 17ч14м 37с | 17ч14м 39с | 17ч18м 41с | 17ч24м 56с | 17ч28м 58с | 17ч33м 00с | 11ч34м 31с | 11ч38м 21с | 11ч42м 55с | 10ч52м 32с | 10ч55м 13с | 10ч59м 16с |
| CЛ | – 3ч00м 02с | – 3ч00м1 8с | – 3ч01м1 3с | – 3ч01м3 7с | – 3ч01м3 9с | – 3ч01м4 1с | – 2ч59м5 6с | – 2ч59м5 8с | – 3ч00м0 0с | +1ч01м 29с | +1ч01м 39с | +1ч01м 05с | +1ч59м 28с | +1ч59м 47с | +1ч59м 44с |
| $+U_{\text{XP}}$ | +24с | +26с | +28с | +32с | +34с | +36с | +40с | +42с | +44с | –10с | –20с | +14с | +10с | –9с | –6с |
| $=U_{\text{ч}}$ | –3ч00м45с | | | –2ч59м16с | | | –2ч59м16с | | | +1ч01м19с | | | +1ч59м38с | | |
| | 11 | | | 12 | | | 13 | | | 14 | | | 15 | | |
| $-T_{\text{XP}}$ | 13ч07 м00с | 13ч10м 00с | 13ч14м 00с | 13ч22м 00с | 13ч26м 00с | 13ч30м 00с | 13ч38м 00с | 13ч42м 00с | 13ч46м 00с | 13ч54м 00с | 13ч58м 00с | 14ч02м 00с | 14ч10м 00с | 14ч14м 00с | 14ч18м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 12ч04 м23с | 12ч07м 23с | 12ч11м 21с | 11ч21м 05с | 11ч25м 03с | 11ч29м 20с | 10ч36м 32с | 10ч40м 30с | 10ч44м 21с | 12ч51м 14с | 12ч55м 12с | 12ч59м 10с | 12ч09м 52с | 12ч13м 50с | 12ч17м 58с |
| CЛ | +1ч02 м37с | +1ч02м 37с | +1ч02м 39с | +2ч00м 55с | +2ч00м 57с | +2ч00м 40с | +3ч01м 28с | +3ч01м 30с | +3ч01м 39с | +1ч02м 46с | +1ч02м 48с | +1ч02м 50с | +2ч00м 08с | +2ч00м 10с | +2ч00м 02с |
| $+U_{\text{XP}}$ | –2с | –2с | –4с | –8с | –10с | +7с | –16с | –18с | –27с | –24с | –26с | –28с | –32с | –34с | –26с |
| $=U_{\text{ч}}$ | +1ч02м35с | | | +2ч00м47с | | | +3ч01м12с | | | +1ч02м22с | | | +1ч59м36с | | |

| | 16 | | | 17 | | | 18 | | | 19 | | | 20 | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $-T_{XP}$ | 14ч26 м00с | 14ч30м 00с | 14ч34м 00с | 12ч53м 00с | 12ч57м 00с | 13ч04м 00с | 13ч07м 00с | 13ч11м 00с | 13ч16м 00с | 13ч31м 00с | 14ч12м 00с | 14ч16м 00с | 13ч27м 00с | 13ч31м 00с | 13ч35м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 13ч27 м02с | 13ч31м 00с | 13ч35м 50с | 16ч52м 24с | 16ч56м 20с | 17ч03м 19с | 17ч08м 06с | 17ч12м 08с | 17ч17м 00с | 17ч32м 05с | 18ч12м 19с | 18ч16м 17с | 11ч26м 56с | 11ч30м 51с | 11ч34м 53с |
| СЛ | +0ч58 м58с | +0ч59м 00с | +0ч58м 10с | - 3ч59м2 4с | - 3ч59м2 0с | - 3ч59м1 9с | - 4ч01м0 6с | - 4ч01м0 8с | - 4ч01м0 0с | - 4ч01м0 5с | - 4ч00м1 9с | - 4ч00м1 7с | +2ч00м 04с | +2ч00м 09с | +2ч00м 07с |
| $+U_{XP}$ | -40с | -42с | +8с | +8с | +4с | +3с | +1с | +3с | -5с | +13с | -33с | -35с | +11с | +6с | +8с |
| $=U_{\text{ч}}$ | +0ч58м18с | | | -3ч59м16с | | | +0ч58м18с | | | -4ч00м52с | | | +2ч00м15с | | |
| | 21 | | | 22 | | | 23 | | | 24 | | | 25 | | |
| $-T_{XP}$ | 13ч40 м00с | 13ч44м 00с | 13ч48м 00с | 13ч35м 00с | 13ч39м 00с | 13ч43м 00с | 12ч38м 00с | 12ч42м 00с | 12ч44м 00с | 12ч46м 00с | 12ч50м 00с | 12ч54м 00с | 12ч54м 00с | 12ч57м 00с | 13ч01м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 17ч38 м46с | 17ч42м 10с | 17ч46м 36с | 11ч33м 53с | 11ч37м 42с | 11ч41м 38с | 16ч39м 16с | 16ч43м 47с | 16ч45м 38с | 16ч46м 28с | 16ч50м 26с | 16ч54м 12с | 16ч55м 19с | 16ч58м 20с | 17ч02м 23с |
| СЛ | - 3ч58м 46с | - 3ч58м1 0с | - 3ч58м3 6с | +2ч01м 07с | +2ч01м 18с | +2ч01м 22с | - 4ч01м1 6с | - 4ч01м4 7с | - 4ч01м3 8с | - 4ч00м2 8с | - 4ч00м2 6с | - 4ч00м3 2с | - 4ч01м1 9с | - 4ч01м2 0с | - 4ч01м2 3с |
| $+U_{XP}$ | +17с | -19с | +7с | +15с | +4с | 0с | -15с | +16с | +7с | +13с | +11с | -3с | -8с | -7с | -4с |
| $=U_{\text{ч}}$ | -3ч58м29с | | | +2ч01м22с | | | -4ч01м31с | | | -4ч00м15с | | | -4ч01м27с | | |
| | 26 | | | 27 | | | 28 | | | 29 | | | 30 | | |
| $-T_{XP}$ | 13ч01 м00с | 13ч05м 00с | 13ч09м 00с | 13ч08м 00с | 13ч12м 00с | 13ч16м 00с | 13ч32м 00с | 13ч36м 00с | 13ч40м 00с | 14ч21м 00с | 14ч24м 00с | 14ч28м 00с | 13ч56м 00с | 14ч00м 00с | 14ч04м 00с |
| $=T_{\text{ч}}$ | 17ч01 м37с | 17ч05м 39с | 17ч09м 36с | 17ч08м 26с | 17ч12м 24с | 17ч16м 32с | 17ч32м 33с | 17ч36м 31с | 17ч40м 51с | 18ч20м 09с | 18ч23м 07с | 18ч27м 54с | 17ч56м 07с | 18ч00м 05с | 18ч04м 50с |
| СЛ | - 4ч00м 37с | - 4ч00м3 9с | - 4ч00м3 6с | - 4ч00м2 6с | - 4ч00м2 4с | - 4ч00м3 2с | - 4ч00м3 3с | - 4ч00м3 1с | - 4ч00м5 1с | - 3ч59м0 9с | - 3ч59м0 7с | - 3ч59м5 4с | - 4ч00м0 7с | - 4ч00м0 5с | - 4ч00м5 0с |
| $+U_{XP}$ | -5с | -3с | -6с | -1с | -3с | +5с | -13с | -15с | +5с | -37с | -39с | +8с | -25с | -27с | +18с |
| $=U_{\text{ч}}$ | -4ч00м42с | | | -4ч00м27с | | | -4ч00м46с | | | -3ч59м46с | | | -4ч00м32с | | |

4.4.3 Задачи на вычисление суточного хода хронометра (ω_{XP}) и его поправки (u_{XP3}) на заданное время (T_3).

| Зад. № | T_1 (время, дата) | | u_{XP1} (мин, с.) | T_2 (время, дата) | | u_{XP2} (мин, с.) | T_3 (время, дата) | | Ответ | |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|
| | ω_{XP} | u_{XP3} (мин, с.) | | ω_{XP} | u_{XP3} (мин, с.) | | ω_{XP} | u_{XP3} (мин, с.) | | |
| 1 | 9.00 | 10.III | + 01.20 | 9.00 | 20.III | + 01.10 | 9.00 | 21.III | - 01с | + 01.09 |
| 2 | 10.00 | 3.III | + 00.30 | 10.00 | 15.III | + 01.06 | 18.00 | 16.III | + 03с | + 01.10 |
| 3 | 8.00 | 1.III | - 01.32 | 20.00 | 11.III | - 01.21,5 | 8.00 | 13.III | + 01с | - 01.20 |
| 4 | 10.00 | 2.III | - 01.10 | 10.00 | 14.III | - 01.34 | 10.00 | 15.III | - 02с | - 01.36 |
| 5 | 10.00 | 5.III | + 01.10 | 10.00 | 17.III | + 01.34 | 22.00 | 18.III | + 02с | + 01.37 |
| 6 | 8.00 | 6.III | + 00.50 | 8.00 | 18.III | + 00.02 | 14.00 | 19.III | - 04с | - 00.03 |
| 7 | 9.00 | 7.III | + 00.25 | 9.00 | 19.III | + 00.01 | 21.00 | 20.III | - 02с | - 00.02 |
| 8 | 10.00 | 9.III | + 00.05 | 10.00 | 17.III | + 00.37 | 16.00 | 18.III | + 04с | + 00.42 |
| 9 | 8.00 | 10.III | + 00.48 | 8.00 | 18.III | + 00.24 | 16.00 | 19.III | - 03с | + 00.20 |
| 10 | 9.00 | 11.III | + 00.06 | 9.00 | 17.III | + 00.24 | 17.00 | 18.III | + 03с | + 00.28 |
| 11 | 7.00 | 8.III | + 00.12 | 7.00 | 18.III | + 00.32 | 19.00 | 19.III | + 02с | + 00.35 |
| 12 | 8.00 | 9.III | + 00.32 | 8.00 | 19.III | + 00.12 | 20.00 | 20.III | - 02с | + 00.09 |
| 13 | 9.00 | 10.III | + 00.02 | 9.00 | 20.III | + 00.32 | 17.00 | 21.III | + 03с | + 00.36 |
| 14 | 10.00 | 11.III | - 00.15 | 10.00 | 21.III | - 00.35 | 18.00 | 22.III | - 03с | - 00.39 |
| 15 | 11.00 | 12.III | - 00.35 | 11.00 | 22.III | - 00.15 | 19.00 | 23.III | + 03с | - 00.11 |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------|---------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|---------|
| 16 | 12.00 | 13.III | + 00.06 | 00.00 | 24.III | + 00.48 | 12.00 | 24.III | + 04c | + 00.50 |
| 17 | 13.00 | 14.III | + 00.48 | 01.00 | 25.III | + 00.06 | 13.00 | 25.III | - 04c | + 00.04 |
| 18 | 14.00 | 15.III | - 00.06 | 02.00 | 26.III | - 00.48 | 14.00 | 26.III | - 04c | - 00.50 |
| 19 | 15.00 | 16.III | - 00.48 | 03.00 | 27.III | - 00.06 | 15.00 | 27.III | + 04c | - 00.04 |
| 20 | 16.00 | 17.III | + 00.10 | 04.00 | 28.III | + 00.52 | 16.00 | 28.III | + 04c | + 00.54 |
| 21 | 17.00 | 18.III | + 00.52 | 05.00 | 29.III | + 00.10 | 17.00 | 29.III | - 04c | + 00.08 |
| 22 | 18.00 | 19.III | - 00.10 | 06.00 | 30.III | - 00.52 | 18.00 | 30.III | - 04c | - 00.54 |
| 23 | 19.00 | 20.III | - 00.52 | 07.00 | 31.III | - 00.10 | 19.00 | 31.III | + 04c | - 00.08 |
| 24 | 20.00 | 21.III | + 00.22 | 08.00 | 1.IV | + 01.04 | 20.00 | 1.IV | + 04c | + 01.06 |
| 25 | 21.00 | 22.III | + 01.04 | 09.00 | 2.IV | + 00.22 | 21.00 | 2.IV | - 04c | + 00.20 |
| 26 | 22.00 | 23.III | - 00.22 | 10.00 | 3.IV | - 01.04 | 22.00 | 3.IV | - 04c | - 01.06 |
| 27 | 23.00 | 24.III | - 01.02 | 11.00 | 4.IV | - 00.41 | 23.00 | 4.IV | + 02c | - 00.40 |
| 28 | 7.00 | 25.III | - 00.41 | 19.00 | 4.IV | - 01.02 | 7.00 | 5.IV | - 02c | - 01.05 |
| 29 | 8.00 | 26.III | + 00.15 | 8.00 | 5.IV | + 00.45 | 16.00 | 5.IV | + 03c | + 00.46 |
| 30 | 9.00 | 27.III | + 00.45 | 9.00 | 6.IV | + 00.15 | 17.00 | 6.IV | - 03c | + 00.14 |

4.4.4. Определение всемирного времени

TU0 (UT0) – всемирное время, непосредственно получаемое из астрономических наблюдений суточных движений звезд, то есть всемирное время мгновенного гринвичского меридиана, положение плоскости которого определяется мгновенными положениями полюсов Земли.

TU1 (UT1) = – всемирное время среднего гринвичского меридиана, определяемого средним положением полюсов Земли. Оно получается исправлением TU0 поправкой H_t за колебания географических полюсов

$$TU1 = TU0 + \Delta H_t$$

TU2 (UT2) – всемирное время среднего гринвичского меридиана, освобожденное от влияния части сезонных периодических изменений в угловой скорости вращения Земли прибавлением к TU1 соответствующей поправки ΔT_s . TU2 – «сглаженное» время TU1.

$$TU2 = TU1 + \Delta T_s = TU0 + \Delta H_t + \Delta T_s$$

TUC = T_K – всемирное координированное время или сокращенно **координированное время**. Это равномерное время, шкала которого эпизодически корректируется (сдвигается) ровно на 1с относительно международной шкалы атомного времени с неизменной начальной эпохой так, чтобы оно незначительно (не более чем на 0,7с) отличалось от всемирного времени $T_{гр}$. Координированное время измеряется с помощью секунд атомного времени.

TAU – **международное атомное время**. Это координата временной ориентировки, установленная Международным бюро времени (МБВ) на основе показаний атомных часов, функционирующих в различных учреждениях в соответствии с определением секунды – единицы времени Международной системы единиц. Особенность TAU – неизменность начальной эпохи (начало отсчета). Предполагается, что шкала атомного времени является равномерной.

Всемирное время – среднее солнечное гринвичское время, считаемое от гринвичской полуночи.

Секунда – (**всемирного времени**) есть 1/86.400 доля средних солнечных суток. Из-за неравномерности вращения Земли продолжительность этой секунды – переменная величина.

Секунда – (**эфемеридного времени**) есть 1/31.556.925,9747 часть продолжительности тропического года для 1900 г., января 0, в 12ч эфемеридного времени. Продолжительность эфемеридной секунды неизменна.

Секунда – (атомного времени) есть 9.192.631.770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. Продолжительность секунды атомного времени практически соответствует продолжительности эфемеридной секунды.

Выводы

1. Время неисчерпаемо, вечно и бесконечно, оно не зависит от человека и его сознания и измеряется в одном направлении – от прошлого к будущему.
2. В астрономии для измерения времени принимают звездные сутки – интервал времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки Овна на одном и том же меридиане.
3. Основой измерения времени в повседневной жизни служат средние сутки – интервал времени между двумя последовательными нижними кульминациями среднего Солнца на одном и том же меридиане.
4. В судовождении подразделяют следующие системы счета времени:
 - всемирное (гринвичское);
 - местное (меридианное);
 - поясное;
 - декретное;
 - летнее;
 - судовое.
5. Для определения места судна астрономическим способом время должно быть известно с точностью до « $\pm 0,5с$ ».

ГЛАВА 5. МОРСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК

5.1. Построение и содержание МАЕ

Морской астрономический ежегодник (МАЕ) → это сборник таблиц предварительно вычисленных координат небесных светил, а также некоторых других астрономических данных.

Первый русский астрономический ежегодник под названием «Морской месяцеслов» появился в 1814 г. (Ф.И. Шуберт), а под названием «Морской Астрономический ежегодник» – в 1930 г.

С 1767 г. → Англия, с 1851 г. → Германия, с 1855 г. → США, с 1889 г. → Франция.

Содержание всех МАЕ примерно одинаково. Главным образом они (МАЕ) предназначены для нахождения гринвичских часовых углов ($t_{ГР}$) и склонений (δ) светил, т.е. их экваториальных координат на любой момент времени.

Метод построения и содержание МАЕ несколько раз менялись.

В настоящее время МАЕ состоит из следующих частей и таблиц:

1. **Содержание** (вместо оглавления), где даны указания (с. 3) о расположении материала и назначении таблиц.
2. **Пояснение к пользованию МАЕ** (с. 5÷22) дает краткое изложение устройства всех таблиц и правил работы с ними.
3. **Некоторые явления в Солнечной системе** в текущем году (с. 23, 24), где дана информация о лунных и солнечных затмениях, фазах Луны, видимости планет и другие сведения.
4. **Ежедневные таблицы (ЕТ)** составляют (см. Приложение 1) основную часть (с. 26÷269) 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 (B) кульминации Солнца, а также верхней (B) и нижней (H) 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);
 - уравнения времени (η), а также возраст Луны и ее фаза.
5. **Звезды. Видимые места** (с. 270÷275). В этой таблице (см. Приложение 2), на первое число каждого месяца текущего года, даны значения звездного дополнения ($\tau^*=360^\circ-\alpha^*$) → левая страница и значения склонения (δ) 160 навигационных звезд → правая страница.

На левых страницах этой таблицы дано среднее годовое значение прямого восхождения (α^*), а на правых страницах → звездные величины светил.

Номера звезд на левой и правой страницах совпадают, но на правых страницах даны собственные имена звезд, а на левых → по названию созвездий.

6. **Азимут Полярной** (с. 276). 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

$\varphi_M=0^\circ$ через 5° до $t\varphi_M=360^\circ$), даны значения азимута Полярной звезды в полукруговом счете \rightarrow см. Приложение 3.

7. **Широта по высоте Полярной** (с. 277÷280) \rightarrow см. Приложение 4.

- a. **Таблица I** \rightarrow по значению местного часового угла точки Овна ($t\varphi_M$) даны значения I поправки (с. 277÷278);
- b. **Таблица II** \rightarrow по значению местного часового угла точки Овна ($t\varphi_M$) и значению высоты Полярной (h) даны значения II поправки (с. 279);
- c. **Таблица III** \rightarrow по значению местного часового угла точки Овна ($t\varphi_M$) и месяцу текущего года даны значения III поправки (с. 280).

8. **Приложение 1** (с. 281÷282) \rightarrow см. Приложение 5.

Таблицы поправок к моментам восхода и захода Солнца и Луны, *сумерек* и кульминаций светил:

- a. поправка за широту ($\Delta T\varphi$) \rightarrow с. 281;
- b. поправка за долготу ($\Delta T\lambda$) \rightarrow с. 282.

9. **Приложение 2** (с. 283÷287) \rightarrow см. Приложение 6.

Таблицы для исправления измеренных высот светил:

- a. – поправка Δh к наблюдаемой высоте за фазу Венеры \rightarrow с. 283;
- b. – поправка за *наклонение* (Δh_d) \rightarrow с. 284;
- c. – поправки высоты за рефракцию и параллакс (Δh_{p+p}) для Солнца, и рефракцию (Δh_p) – для звезды \rightarrow с. 284;
- d. – поправки высоты за температуру воздуха (Δh_t) \rightarrow с. 285;
- e. – поправки высоты за давление воздуха (Δh_B) \rightarrow с. 285;
- f. – поправка за приведение высот к одному месту наблюдений (Δh_V) \rightarrow с. 285;
- g. – основная поправка высоты Луны ($OP \ominus$) \rightarrow с. 286;
- h. – дополнительная поправка высоты нижнего края Луны ($\Delta h_{\frac{\ominus}{\circ}}$) \rightarrow с. 286;
- i. – дополнительная поправка высоты верхнего края Луны ($\Delta h_{\frac{\oplus}{\circ}}$) \rightarrow с. 286;
- j. – полудиаметр Солнца ($R\odot$) \rightarrow с. 287;
- k. – дополнительная поправка для Венеры и Марса за параллакс (Δh_p) \rightarrow с. 287.

10. **Приложение 3** (с. 288) \rightarrow см. Приложение 7.

Таблица для перевода дуговой меры во временную и обратно:

- a. градусы;
- b. минуты дуги;
- c. десятые доли минут дуги.

11. **Приложение № 4** (с. 289÷319). **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 (см. Приложение 8).

Для звезд из ОИТ выбирается только значение $\Delta_1 t$ точки Овна.

Для Луны, Солнца и планет из ОИТ кроме того выбираются и значение $\Delta_2 t$ (по значению $\bar{\Delta}$) и значение $\Delta\delta$ (по значению Δ).

12. **Список звезд** по алфавиту созвездий и список собственных имен звезд по алфавиту (с. 320) \rightarrow см. Приложение 9.

13. **Два вкладных листа.**

- a. Карта звездного неба со списком звезд по алфавиту созвездий и списком собственных имен звезд по алфавиту.

- б. таблица видимых мест навигационных звезд (50 звезд → их τ^* и δ^* через каждые 10 суток текущего года).

МАЕ позволяет решать обширный круг задач мореходной астрономии, однако главное его назначение → это нахождение часовых углов и склонений (экваториальных координат) светил, которые определяются по нему с точностью $\pm 0,1'$.

5.2. Определение по МАЕ часовых углов и склонений звезд

Определение местных часовых углов звезд состоит из двух этапов.

На первом этапе рассчитывается местный часовой угол точки Овна ($t^{\circ}\Psi_M$), для чего необходимо:

1. Рассчитать гринвичское время замера высоты данной звезды по формуле:

$$T_{\text{гр}} = T + U_{\text{ч}},$$

где T – время замера высоты звезды по рабочим часам;

$U_{\text{ч}}$ – поправка рабочих часов.

2. Из ЕТ МАЕ текущего года, по дате наблюдений и целому часу гринвичского времени, выбрать значение $t^{\circ}\Psi_{\text{грТ}}$ (в колонке «т. Овна»).
3. Из ОИТ МАЕ по числу минут и секунд гринвичского времени выбрать значение поправки $\Delta_1 t^{\circ}\Psi$ (в колонке «т. Овна»).
4. Рассчитать значение гринвичского часового угла точки Овна ($t^{\circ}\Psi_{\text{гр}}$) по формуле:

$$t^{\circ}\Psi_{\text{гр}} = t^{\circ}\Psi_{\text{грТ}} + \Delta_1 t^{\circ}\Psi.$$

5. Рассчитать значение местного часового угла точки Овна ($t^{\circ}\Psi_M$) по формуле:

$$t^{\circ}\Psi_M = t^{\circ}\Psi_{\text{гр}} \pm \lambda E/W$$

где λ – значение счислимой долготы места на время замера высоты звезды, снятое с путевой карты.

На втором этапе рассчитывается местный часовой угол конкретной звезды, высота которой измерялась, и ее склонение. Для решения этой задачи необходимо:

1. Из таблицы «Звезды. Видимые места» МАЕ (с. 270÷275) по номеру звезды и дате наблюдений выбрать значение звездного дополнения (τ^*) звезды (левая страница) и значение склонения (δ) этой звезды (правая страница) → см. Приложение 2.

Примечание:

- а. – номер звезды определяется по таблице «Список звезд...» МАЕ (с. 320) → см. Приложение 9;
 - б. – выбранное значение склонения (δ) звезды и есть искомая координата светила – δ^* .
2. Рассчитать значение местного часового угла наблюдаемой звезды по формуле:

$$t_M^* = t^{\circ}\Psi_M + \tau^*, \text{ причем:}$$

- а. – если значение t_M^* не превышает 180° – наименование $t^{\circ}\Psi_M - W$ (западное);
- б. – если значение превышает 180° , необходимо от 360° отнять значение t_M^* и его наименование будет $-E$ (восточное);
- с. – если значение t_M^* превышает 360° , необходимо вычесть из этого значения 360° и придать остатку (если его значение меньше 180°) наименование W . Если значение остатка более 180° – см. п. 2б.

Задача: 04.06.2000 г. в точке: $\varphi_C = 42^\circ 30,0'N$, $\lambda_C = 36^\circ 44,1'E$ измерили h $\star\alpha$ Северной Короны: $T = 20 \text{ ч } 36 \text{ м } 48 \text{ с}$; $U_C = -3 \text{ ч } 00 \text{ м } 08 \text{ с}$.

Определить: t_M^* , δ^* .

Решение:

1. Рассчитываем гринвичское время замера h^* :

$$T_{Гр} = 20 \text{ ч } 36 \text{ м } 48 \text{ с} - 3 \text{ ч } 00 \text{ м } 08 \text{ с} = 17 \text{ ч } 36 \text{ м } 40 \text{ с}.$$

2. Из ЕТ МАЕ-2000 г. по дате (04.06) и целому часу $T_{Гр}$ (17ч) выбираем (с. 128):

$$t_{Гр} = 148^\circ 26,2'.$$

3. Из ОИТ МАЕ по значению минут и секунд $T_{Гр}$ (36м 40с) выбираем (с. 308):

$$\Delta t_{Гр} = 9^\circ 11,5'.$$

4. Рассчитываем значение гринвичского часового угла т. « γ » ($t_{Гр} = t_{ГрТ} + \Delta t_{Гр}$):

$$t_{Гр} = 148^\circ 26,2' + 9^\circ 11,5' = 157^\circ 37,7'.$$

5. Рассчитываем значение местного часового угла т. « γ » ($t_{М} = t_{Гр} \pm \lambda E/W$):

$$t_{М} = 157^\circ 37,7' + 36^\circ 44,0' = 194^\circ 21,7'$$

6. По «Списку звезд...» МАЕ (с. 320) определяем № $\star\alpha$ Северной Короны \rightarrow № 111.

7. Из таблицы «Звезды. Видимые места» МАЕ (с. 274, 275) по № 111 и дате (04.06) выбираем:

$$с. 274 - \tau^* = 126^\circ 19,3';$$

$$с. 275 - \delta^* = N26^\circ 42,9'.$$

8. Рассчитываем значение местного часового угла $\star\alpha$ Северной Короны ($t_M^* = t_{М} + \tau^*$):

$$t_M^* = 194^\circ 21,7' + 126^\circ 19,3' = 320^\circ 41,0'W$$

$$t_E^* = 360^\circ - t_W = 360^\circ - 320^\circ 41,0' = 39^\circ 19,0'E$$

Ответ: $t_M^* = 39^\circ 19,0'E$, $\delta^* = 6^\circ 42,9'N$

Расчет часовых углов и склонений звезды (экваториальные координаты)

Таблица 5.1

| | α Северной короны № 111 | |
|-----------------|--------------------------------|---|
| Приб. T_C | 20.37 | Приближенное судовое время (час., мин.) замера высоты звезды. |
| №E-/W+ | -3E | Номер часового пояса, по которому поставлены судовые часы. |
| Приб. $T_{Гр}$ | 17.37 | Приближенное Гринвичское время (час., мин.) замера высоты звезды (Приб. $T_{Гр} = \text{Приб. } T_C \mp N E/W$). |
| Дата | 04.06.2000 | Гринвичская дата наблюдений. |
| T | 20:36:48 | Среднее время замера высоты звезды по рабочим часам (часы минуты секунды). |
| U | -3:00:08 | Поправка рабочих часов [$U_C = T_{Гр} - T_C$ или $U_C = (T_{ХР} - T_C) + U_{ХР}$]. |
| $T_{Гр}$ | 17:36:40 | Гринвичское время замера высоты звезды ($T_{Гр} = T + U_C$). |
| $t_{Гр}$ | 148°26,2' | Из ЕТ МАЕ по Гринвичской дате (04.06.2000.) и целому часу $T_{Гр}$ (17ч) для т. Овна (с. 128 МАЕ) \rightarrow Приложение 1. |
| $\Delta t_{Гр}$ | 9°11,5' | Из ОИТ МАЕ на минуты и секунды $T_{Гр}$ (36м 40с) для т. Овна (с. 308 МАЕ) \rightarrow Приложение 8. |

| | | |
|------------------------|------------------|--|
| $\Delta_2 t$ | - | Для звезд отсутствует. |
| $t^{\circ}_{ГР}$ | 157°37,7' | Сумма: $[t^{\circ}_{ГР}=t^{\circ}_{Г}+\Delta t^{\circ}]$. |
| $\lambda_C E+/W-$ | +36°44,0' | Значение счислимой долготы с путевой карты на $T_C = 20.37$. |
| t°_M | 194°21,7' | Сумма: $[t^{\circ}_M=t^{\circ}_{ГР}\pm\lambda_C E/W]$. |
| τ^* | 126°19,3' | Значение звездного дополнения из табл. «Звезды...» МАЕ (с. 274 МАЕ) по № звезды (№ 111 – с. 320 МАЕ) и ~ дате (1 июня) → Приложение 2. |
| t_W | 320°41,0' | Сумма: $[t_W^*=t^{\circ}_M+\tau^*]$ до 360°: если $t_W > 360^\circ$ – отнять 360° и записать остаток; если $t_W > 180^\circ$, то... |
| t_E^* | <u>39°19,0'</u> | ... $t_E=360^\circ-t_W$. |
| $\bar{\Delta}, \Delta$ | -, - | Для звезд отсутствует. |
| δ_T | - | Для звезд не заполняется. |
| $\Delta\delta$ | - | Для звезд отсутствует. |
| δ^* | <u>N26°42,9'</u> | Из табл. «Звезды...» МАЕ (с. 275 МАЕ) по № звезды (№ 111 – см. с. 320 МАЕ) и ~ дате (1 июня) → Приложение 2. |

5.3. Определение по МАЕ часовых углов и склонений Солнца

1. Рассчитать гринвичское время замера высоты Солнца по формуле: $T_{ГР}=T+U_Ч$
2. Из ЕТ МАЕ текущего года по дате наблюдений и целому часу гринвичского времени, выбрать значение $t_{ГР\odot}$ (в колонке Солнце) и значение $\delta_{T\odot}$. Из предпоследней строки колонки «Солнце» выбрать значение квазиразности ($\bar{\Delta}$) и разности (Δ) – учитывающих неравномерность собственного движения Солнца.
3. Из ОИТ МАЕ текущего года (по числу минут и секунд гринвичского времени) выбрать значение поправки $\Delta_1 t_{\odot}$ (в колонке Солнце и планеты).
4. Из ОИТ МАЕ текущего года по числу минут гринвичского времени выбрать значение поправки $\Delta_2 t_{\odot}$ (по значению квазиразности $\bar{\Delta}$) и значение поправки $\Delta\delta_{\odot}$ (по значению разности Δ). Знаки поправок $\Delta_2 t_{\odot}$ и $\Delta\delta_{\odot}$ одинаковы со знаком $\bar{\Delta}$ и Δ соответственно.
5. Рассчитать значение гринвичского часового угла Солнца ($t_{\odot ГР}$) по формуле:

$$t_{\odot ГР}=t_{ГР\odot}+\Delta_1 t_{\odot}+\Delta_2 t_{\odot}$$

6. Рассчитать значение местного часового угла Солнца ($t_{\odot M}$) по формуле:

$$t_{\odot M}=t_{\odot ГР}\pm\lambda E/W,$$

где λ – значение счислимой долготы места на время замера высоты Солнца, снятое с путевой карты.

Примечание:

- a. – если значение $t_{\odot M}$ не превышает 180° – наименование $t_{\odot M} - W$;
 - b. – если значение $t_{\odot M}$ превышает 180°, но менее 360°, нужно от 360° отнять значение $t_{\odot M}$ и его наименование будет $- E$;
 - c. – если значение $t_{\odot M}$ превышает 360°, необходимо вычесть из этого значения 360° и придать остатку наименование W . Если значение остатка $> 180^\circ$ – см. п. b).
7. Рассчитать значение склонения Солнца по формуле:

$$\delta_{\odot}=\delta_{T\odot}+\Delta\delta_{\odot}.$$

Задача: 11 июня 2000 г. в точке: $\varphi_C=42^\circ 48,0'N$, $\lambda_C=32^\circ 33,8'E$ измерили h_{\odot} :

$T=11ч 06м 54с$; $U_Ч=-3ч 01м 27с$.

Определить: $t_{\odot M}$, δ_{\odot} .

Решение:

1. Рассчитываем гринвичское время замера h_{\odot} :

$$T_{ГР} = T + U_ч = 11ч 06м 54с + (-3ч 01м 27с) = 8ч 05м 27с.$$

2. Из ЕТ МАЕ (с. 134) по дате (11.06) и целому часу $T_{ГР}$ (8ч) выбираем:

- $t_{ГР\odot} = 300^{\circ}05,2'$;
- $\delta_{\odot} = N23^{\circ}06,7'$;
- $\bar{\Delta} = +0,8'$;
- $\Delta = +0,1'$.

3. Из ОИТ МАЕ (с. 292) по значению минут и секунд $T_{ГР}$ (05м 27с) выбираем:

- $\Delta_1 t = 1^{\circ}21,7'$;
- $\Delta_2 t = +0,1'$ (по $\bar{\Delta} = +0,8'$);
- $\Delta\delta_{\odot} = +0,0'$ (по $\Delta = +0,1'$).

4. Рассчитываем значение гринвичского часового угла Солнца ($t_{ГР\odot} = t_{ГР\odot} + \Delta_1 t_{\odot} + \Delta_2 t_{\odot}$):

$$t_{ГР\odot} = 300^{\circ}05,2' + 1^{\circ}21,7' + 0,1' = 301^{\circ}27,0'.$$

5. Рассчитываем значение местного часового угла Солнца ($t_{M\odot} = t_{ГР\odot} \pm \lambda E/W$):

$$t_{M\odot} = 301^{\circ}27,0' + 32^{\circ}33,8' = 334^{\circ}00,8'.$$

$$t_{M\odot} = 360^{\circ} - 334^{\circ}00,8' = 25^{\circ}59,2'E.$$

6. Рассчитываем значение склонения Солнца ($\delta_{\odot} = \delta_{T\odot} + \Delta\delta_{\odot}$):

$$\delta_{\odot} = 23^{\circ}06,7' + 0,0' = N23^{\circ}06,7'.$$

Ответ: $t_{M\odot} = 25^{\circ}59,2'W$; $\delta_{\odot} = N23^{\circ}06,7'$.

Расчет часовых углов и склонений Солнца (экваториальные координаты)

Таблица 5.2

| | | |
|------------------------|---|---|
| | \odot | |
| Приб. T_C | 11.07 | Приближенное судовое время (час., мин.) замера высоты Солнца. |
| № $E/W+$ | $-3E$ | Номер часового пояса, по которому поставлены судовые часы. |
| Приб. $T_{ГР}$ | 08.07 | Приближенное Гринвичское время (час., мин.) замера высоты Солнца (Приб. $T_{ГР} = \text{Приб. } T_C \mp N E/W$). |
| Дата | 11.06.2000. | Гринвичская дата наблюдений. |
| T | 11-06-54 | Среднее время замера высоты Солнца по рабочим часам (часы-минуты-секунды). |
| U | $-3-01-27$ | Поправка рабочих часов [$U_ч = T_{ГР} - T_ч$ или $U_ч = (T_{ХР} - T_ч) + U_{ХР}$]. |
| $T_{ГР}$ | 08-05-27 | Гринвичское время замера высоты ($T_{ГР} = T + U_ч$). |
| $t_{ГР\odot}$ | $300^{\circ}05,2'$ | Из ЕТ МАЕ по Гринвичской дате (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (8ч) для Солнца (с. 134 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta_1 t_{\odot}$ | $1^{\circ}21,7'$ | Из ОИТ МАЕ на минуты и секунды $T_{ГР}$ (05м 27с) для Солнца (с. 292 МАЕ) → Приложение 8. |
| $\Delta_2 t$ | $+0,1'$ | Из ОИТ МАЕ по мин. $T_{ГР}$ (05м) и значению квазиразности $\bar{\Delta}$ (+0,8') – с. 292 МАЕ → Приложение 8. |
| $t_{ГР\odot}$ | $301^{\circ}27,0'$ | Сумма: [$t_{ГР\odot} = t_{ГР\odot} + \Delta_1 t_{\odot} + \Delta_2 t_{\odot}$]. |
| $\lambda_C E+/W-$ | $+32^{\circ}33,8'$ | Значение счислимой долготы с путевой карты на $T_C = 11.07$. |
| t^*_{\odot} | - | Только для звезд. |
| τ^* | - | Только для звезд. |
| $t_{W\odot}$ | <u>$334^{\circ}00,8'$</u> | Сумма: [$t_{W\odot} = t_{ГР\odot} \pm \lambda_C E/W$] до 180° : если $t_{W\odot} > 180^{\circ}$, то ... |
| t_E | $25^{\circ}59,2'$ | ... $t_E = 360^{\circ} - t_{W\odot}$, при $t_{W\odot} > 360^{\circ}$ – отнять 360° , а остаток – $t_{W\odot}$. |
| $\bar{\Delta}, \Delta$ | $+0,8', +0,1'$ | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) – вторая снизу строка для Солнца (с. 134 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\delta_{T\odot}$ | $N23^{\circ}06,7'$ | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (08ч) для Солнца (с. 134 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta\delta$ | $+0,0'$ | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (05м) по значению разности Δ (+0,1') – с. 292 МАЕ → Приложение 8. |
| δ_{\odot} | <u>$N23^{\circ}06,7'$</u> | Сумма: [$\delta_{\odot} = \delta_{T\odot} + \Delta\delta$]. |

5.4. Особенности определения по МАЕ часовых углов и склонений Луны и навигационных планет

5.4.1. Определение по МАЕ часовых углов и склонений Луны

Методика определения часовых углов и склонений Луны аналогична методике определения часовых углов и склонений Солнца за исключением:

- a. – значения $t_{ГРТ}$ и δ_T выбираются из колонки «Луна» ЕТ МАЕ;
- b. – значения $\bar{\Delta}$ и Δ выбираются из колонки «Луна» ЕТ МАЕ на час $T_{ГР}$;
- c. – значение $\Delta_1 t$ выбирается из колонки «Луна» ОИТ МАЕ.

Задача: 11 июня 2000 г. в точке: $\varphi_C = 43^\circ 30' N$, $\lambda_C = 26^\circ 22,4' E$ измерили h_{\odot} :
 $T = 22ч 38м 50с$; $U_C = -4ч 01м 15с$.

Определить: t_M и δ .

Решение:

1. Рассчитываем гринвичское время замера h_{\odot} :

$$T_{ГР} = T + U_C = 22 \cdot 38 \cdot 50 + (-4 \cdot 01 \cdot 15) = 18 \cdot 37 \cdot 35.$$

2. Из ЕТ МАЕ (с. 135) по дате (11.06) и целому часу $T_{ГР}$ (18ч) выбираем:

- $t_{ГРТ} = 327^\circ 28,6'$;
- $\delta_T = S3^\circ 59,6'$;
- $\bar{\Delta} = +13,9'$;
- $\Delta = +11,5'$.

3. Из ОИТ МАЕ (с. 308) по значению минут и секунд $T_{ГР}$ (37м 35с) выбираем:

- $\Delta_1 t = 8^\circ 58,1'$;
- $\Delta_2 t = +8,7'$ (по $\bar{\Delta} = +13,9'$);
- $\Delta \delta = +7,2'$ (по $\Delta = +11,3'$).

4. Рассчитываем значение гринвичского часового угла Луны ($t_{ГР} = t_{ГРТ} + \Delta_1 t + \Delta_2 t$):

$$t_{ГР} = 327^\circ 28,6' + 8^\circ 58,1' + 0^\circ 08,7' = 336^\circ 35,4'.$$

5. Рассчитываем значение местного часового угла Луны ($t_M = t_{ГР} \pm \lambda E/W$):

$$t_M = 336^\circ 35,4' + 26^\circ 22,4' = 362^\circ 57,8' W \quad (t_W - 360^\circ) = 2^\circ 57,8' W.$$

6. Рассчитываем значение склонения Луны ($\delta = \delta_T + \Delta \delta$):

$$\delta = S3^\circ 59,6' + 0^\circ 07,2' = S4^\circ 06,8'.$$

Ответ: $t_M = 2^\circ 57,8' W$; $\delta = S4^\circ 06,8'$.

Расчет часовых углов и склонений Луны (экваториальные координаты)

Таблица 5.3

| | и | |
|----------------|-------------|---|
| Приб. T_C | 22.38 | Приближенное судовое время (час., мин.) замера высоты Луны. |
| № E-/W+ | -4E | Номер часового пояса, по которому поставлены судовые часы. |
| Приб. $T_{ГР}$ | 18.38 | Приближенное Гринвичское время (час., мин.) замера высоты Луны (Приб. $T_{ГР} = \text{Приб. } T_C \mp N E/W$). |
| Дата | 11.06.2000. | Гринвичская дата наблюдений. |
| T | 22:38:50 | Среднее время замера высоты Луны по рабочим часам (часы-минуты-секунды). |

| | | |
|---|-----------------|--|
| U | -4°01'15" | Поправка рабочих часов [$U_q = T_{ГР} - T_q$ или $U_q = (T_{ХР} - T_q) + U_q$]. |
| $T_{ГР}$ | 18:37:35 | Гринвичское время замера высоты ($T_{ГР} = T + U$). |
| t_T ☉ | 327°28,6' | Из ЕТ МАЕ по Гринвичской дате (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (18ч) для Луны (с. 135 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta_1 t$ ☉ | 8°58,1' | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (37м) и секунды $T_{ГР}$ (35с) для Луны (с. 308 МАЕ) → Приложение 8. |
| $\Delta_2 t$ | + 8,7' | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (37м) и значению квазиразности $\bar{\Delta} = +13,9'$ (с. 308 МАЕ) → Приложение 8. |
| $t_{ГР}$ ☉ | 336°35,4' | Сумма: [$t_{ГР} \text{ ☉} = t_T \text{ ☉} + \Delta_1 t \text{ ☉} + \Delta_2 t$]. |
| $\lambda_C E + / W$ | +26°22,4' | Значение счислимой долготы с путевой карты на $T_C = 22.38$. |
| t^{YM} | - | Только для звезд. |
| τ^* | - | Только для звезд. |
| t_W ☉ | 2°57,8' | Сумма: [$t_W \text{ ☉} = t_{ГР} \text{ ☉} \pm \lambda_C E / W$] до 360°: если $t_W > 360^\circ$ – отнять 360° и остаток записать в t_W ; если $t_W > 180^\circ$, то ... |
| t_E | - | ... $t_E = 360^\circ - t_W$. |
| $\bar{\Delta} \text{ ☉} / \Delta \text{ ☉}$ | +13,9' / +11,5' | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (18ч) значение $\bar{\Delta} = +13,9'$ (после $t_{ГР}$) и значение $\Delta = +11,5'$ (после δ_T) – с. 135 МАЕ → Приложение 1. |
| δ_T ☉ | S3°59,6' | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (18ч) для Луны (с. 135 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta \delta$ | +7,2' | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (37м) по значению $\Delta = +11,5'$ для Луны (с. 308 МАЕ) → Приложение 8. |
| δ ☉ | S4°06,8' | Сумма: [$\delta \text{ ☉} = \delta_T \text{ ☉} + \Delta \delta$]. |

5.4.2. Определение по МАЕ часовых углов и склонений навигационных планет

Методика определения часовых углов и склонений навигационных планет (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн) аналогична методике определения часовых углов и склонений Солнца за исключением лишь того, что значения $t_{ГРТ}$, δ_T , $\bar{\Delta}$ и Δ выбираются из колонки той планеты, высота которой была измерена.

Задача: 11 июня 2000 г. в точке ($\lambda_C = 49^\circ 22,5' E$) измерили высоту Марса:

$T = 21 \text{ ч } 37 \text{ м } 45 \text{ с}; U_q = -4 \text{ ч } 01 \text{ м } 06 \text{ с}.$

Определить: t_M и δ Марса.

Решение:

1. Рассчитываем гринвичское время замера высоты Марса ($T_{ГР} = T \pm U_q$):

$$T_{ГР} = 21 \text{ ч } 37 \text{ м } 45 \text{ с} + (-4 \text{ ч } 01 \text{ м } 06 \text{ с}) = 17 \text{ ч } 36 \text{ м } 39 \text{ с}.$$

2. Из ЕТ МАЕ (с. 134) по дате (10.06) и целому часу $T_{ГР}$ (17ч) для Марса выбираем:

- $t_T = 68^\circ 53,1'$;
- $\delta_T = N24^\circ 08,2'$;
- $\bar{\Delta} = +1,6'$;
- $\Delta = +0,1'$.

3. Из ОИТ МАЕ (с. 308) по значению минут и секунд $T_{ГР}$ (36м 39с) выбираем:

- $\Delta_1 t = 9^\circ 09,1'$;
- $\Delta_2 t = +1,0'$ (по $\bar{\Delta} = +1,6'$);
- $\Delta \delta = +0,1'$ (по $\Delta = +0,1'$).

4. Рассчитываем значение гринвичского часового угла Марса ($t_{ГР} = t_T + \Delta_1 t + \Delta_2 t$) и t_M :

$$t_{ГР} = 68^\circ 53,1' + 9^\circ 09,1' + 0^\circ 01,0' = 78^\circ 03,2';$$

$$t_M = 78^\circ 03,2' + 49^\circ 22,5' = 127^\circ 25,7' W.$$

5. Рассчитываем значение склонения Марса ($\delta = \delta_T + \Delta \delta$):

$$\delta = N24^\circ 08,2' + 0,1' = N24^\circ 08,3'.$$

Ответ: $t_M = 127^\circ 25,7' W$; $\delta = N24^\circ 08,3'$.

Расчет часовых углов и склонений планеты (экваториальные координаты)

Таблица 5.4

| | | |
|------------------------|------------------|--|
| | Марс | |
| Приб. T_C | 21.37 | Приближенное судовое время (час., мин.) замера высоты планеты. |
| № E- /W+ | -4E | Номер часового пояса, по которому поставлены судовые часы. |
| Приб. $T_{ГР}$ | 17.37 | Приближенное Гринвичское время (час., мин.) замера высоты планеты (Приб. $T_{ГР} =$ Приб. $T_C \mp N E/W$). |
| Дата | 11.06.2000. | Гринвичская дата наблюдений. |
| T | 21:37:45 | Среднее время замера высоты планеты по рабочим часам (часы·минуты·секунды). |
| U | -4:01:06 | Поправка рабочих часов [$U_C = T_{ГР} - T_C$ или $U_C = (T_{ХР} - T_C) + U_{ХР}$]. |
| $T_{ГР}$ | 17:36:39 | Гринвичское время замера высоты планеты ($T_{ГР} = T + U$). |
| t_T | 68°53,1' | Из ЕТ МАЕ по Гринвичской дате (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (17ч) для планеты Марс (с. 134 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta_1 t$ | 9°09,1' | Из ОИТ МАЕ на минуты и секунды $T_{ГР}$ (36м 39с) для «Солнца и планет» (с. 308 МАЕ) → Приложение 8. |
| $\Delta_2 t$ | + 1,0' | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (36м) и значению квазиразности $\bar{\Delta}$ для планеты Марс ($\bar{\Delta} = +1,6'$). Знак $\Delta_2 t$ одинаков со знаком $\bar{\Delta}$ → Приложение 8. |
| $t_{ГР}$ | 78°03,2' | Сумма: [$t_{ГР} = t_T + \Delta_1 t + \Delta_2 t$]. |
| $\lambda_C E+/W-$ | +49°22,5' | Значение счислимой долготы с путевой карты на $T_C = 21.37$. |
| t_M | - | Только для звезд. |
| τ^* | - | Только для звезд. |
| t_W | 127°25,7' | Сумма: [$t_W = t_{ГР} \pm \lambda_C E/W$] до 360° если $t_W > 360^\circ$ – отнять 360° и остаток записать в t_W ; если $t_W > 180^\circ$, то ... |
| t_E | - | ... $t_E = 360^\circ - t_W$. |
| $\bar{\Delta}, \Delta$ | +1,6', +0,1' | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) во второй строчке снизу для планеты Марс ($\bar{\Delta}$ – квазиразность, Δ – разность) – с.134 МАЕ → Приложение 1. |
| δ_T | N24°08,2' | Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (11.06.2000.) и целому часу $T_{ГР}$ (17ч) для планеты Марс (с. 134 МАЕ) → Приложение 1. |
| $\Delta\delta$ | +0,1' | Из ОИТ МАЕ на минуту $T_{ГР}$ (36м) по значению $\Delta = +0,1'$ (с. 308 МАЕ). Знак $\Delta\delta$ одинаков со знаком Δ → Приложение 8. |
| δ | N24°08,3' | Сумма: [$\delta = \delta_T + \Delta\delta$]. |

5.4.3. Задачи на вычисление экваториальных координат светил

А. Задачи на вычисление экваториальных координат звезды

| № п/п | Условие | | | | | Ответ | |
|----------|-------------|----------------------|----------|----------|-------------|------------|-----------|
| | Дата | Звезда | T_{CP} | U_C | λ_C | t | δ |
| 1 | 1.06.2000. | δ Льва | 20:29:30 | -3:00:06 | 36°15,0'E | 20°34,3'W | 20°31,4'N |
| 2 | 2.06.2000. | α Лиры | 20:30:42 | -3:00:04 | 36°20,0'E | 88°45,7'E | 38°47,0'N |
| 3 | 3.06.2000. | α Девы | 20:34:18 | -3:00:14 | 36°36,0'E | 8°42,7'E | 11°09,8'S |
| 4 | 4.06.2000. | γ Льва | 20:34:18 | -3:00:08 | 36°44,0'E | 38°44,5'W | 19°50,5'N |
| 5 | 5.06.2000. | β Весов | 20:38:00 | -3:00:18 | 36°33,0'E | 33°50,1'E | 9°23,0'S |
| 6 | 6.06.2000. | β Льва | 20:39:18 | -3:01:14 | 36°48,0'E | 19°29,1'W | 14°34,3'N |
| 7 | 7.06.2000. | α Льва | 20:44:18 | -3:01:02 | 36°52,0'E | 47°00,9'W | 11°58,0'N |
| 8 | 8.06.2000. | α Цефея | 20:44:18 | -3:00:18 | 36°56,0'E | 119°18,6'E | 62°34,9'N |
| 9 | 9.06.2000. | α Змееносца | 20:48:00 | -3:01:03 | 37°07,0'E | 61°29,3'E | 12°33,6'N |
| 10 | 10.06.2000. | δ Льва | 20:51:48 | -3:00:12 | 37°12,0'E | 35°57,5'W | 20°31,4'N |
| 11 | 11.06.2000. | α Сев. Короны | 20:30:58 | -3:01:10 | 37°17,0'E | 33°35,3'E | 26°42,9'N |
| 12 | 12.06.2000. | α Лиры | 20:32:42 | -3:01:02 | 37°27,0'E | 77°31,9'E | 38°47,0'N |
| 13 | 13.06.2000. | α Волопаса | 20:35:54 | -3:00:24 | 37°37,0'E | 10°05,7'E | 19°11,0'N |

| | | | | | | | |
|----|-------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 14 | 14.06.2000. | η Б.Медведицы | 20·39·06 | -3·01·06 | 37°17,0'E | 1°47,2'E | 49°19,0'N |
| 15 | 15.06.2000. | α Девы | 20·42·18 | -3·00·18 | 37°07,0'E | 5°37,3'W | 11°09,8'S |
| 16 | 16.06.2000. | α Змееносца | 19·38·10 | +2·00·20 | 26°10,0'W | 59°49,5'E | 12°33,6'N |
| 17 | 17.06.2000. | α Б.Медведицы | 19·40·00 | +2·00·15 | 26°30,0'W | 39°04,5'W | 61°45,3'N |
| 18 | 18.06.2000. | γ Дракона | 19·44·50 | +2·00·40 | 26°50,0'W | 62°11,2'E | 51°29,4'N |
| 19 | 19.06.2000. | β М.Медведицы | 19·48·20 | +2·00·10 | 27°10,0'W | 14°18,6'E | 74°09,5'N |
| 20 | 20.06.2000. | α Льва | 19·50·07 | +2·00·13 | 27°30,0'W | 57°23,9'W | 11°58,0'N |
| 21 | 21.06.2000. | α Волопаса | 19·53·15 | +2·00·15 | 27°45,0'W | 2°54,0'E | 19°11,0'N |
| 22 | 22.06.2000. | α Сев. Короны | 19·58·17 | +2·00·03 | 27°55,0'W | 20°37,7'E | 26°43,0'N |
| 23 | 23.06.2000. | γ Льва | 20·03·12 | +2·00·08 | 27°27,0'W | 60°45,8'W | 19°50,5'N |
| 24 | 24.06.2000. | γ Лебедя | 20·04·50 | +2·01·00 | 27°15,0'W | 87°59,9'E | 40°15,4'N |
| 25 | 25.06.2000. | ε Б.Медведицы | 20·06·45 | +2·01·15 | 26°50,0'W | 26°00,3'W | 55°57,8'N |
| 26 | 26.06.2000. | α Льва | 20·10·05 | +2·00·25 | 26°15,0'W | 69°37,0'W | 11°58,0'N |
| 27 | 27.06.2000. | β Весов | 20·16·20 | +2·01·05 | 25°45,0'W | 4°19,7'E | 9°23,0'S |
| 28 | 28.06.2000. | α Цефея | 20·16·55 | +2·00·25 | 25°30,0'W | 93°30,8'E | 62°35,0'N |
| 29 | 29.06.2000. | η Б.Медведицы | 20·21·46 | +2·01·14 | 25°40,0'W | 21°29,6'W | 49°19,0'N |
| 30 | 30.06.2000. | γ Б. Медведицы | 20·27·07 | +2·00·23 | 25°16,0'W | 52°26,4'W | 53°41,9'N |

Б. Задачи на вычисление экваториальных координат Солнца

| № п/п | Условие | | | | Ответ | |
|----------|-------------|----------|--------------|--------------------|-----------|-----------|
| | Дата | T_{CP} | U_{Σ} | λ_{Σ} | t_M | δ |
| 1 | 1.06.2000. | 11·27·32 | -3·59·16 | 29°18,0'E | 38°05,4'E | 22°06,3'N |
| 2 | 2.06.2000. | 14·25·37 | -3·59·16 | 29°37,0'E | 6°42,2'W | 22°15,1'N |
| 3 | 3.06.2000. | 11·18·43 | -3·01·05 | 37°14,0'E | 17°53,7'E | 22°21,9'N |
| 4 | 4.06.2000. | 14·36·25 | -3·01·05 | 37°31,0'E | 31°45,8'W | 22°29,8'N |
| 5 | 5.06.2000. | 12·44·45 | -3·00·52 | 41°27,0'E | 7°47,6'W | 22°35,8'N |
| 6 | 6.06.2000. | 15·57·50 | +3·00·15 | 41°39,0'W | 63°10,8'W | 22°44,3'N |
| 7 | 7.06.2000. | 12·38·22 | -2·58·29 | 29°45,0'E | 4°59,9'E | 22°47,8'N |
| 8 | 8.06.2000. | 10·38·56 | +2·01·22 | 17°03,0'W | 6°45,0'E | 22°53,8'N |
| 9 | 9.06.2000. | 08·21·37 | -3·01·31 | 32°07,3'E | 67°39,6'E | 22°57,4'N |
| 10 | 10.06.2000. | 11·10·27 | -3·00·15 | 32°26,9'E | 24°51,9'E | 23°02,5'N |
| 11 | 11.06.2000. | 08·17·48 | -3·01·27 | 32°06,0'E | 68°43,2'E | 23°06,2'N |
| 12 | 12.06.2000. | 10·58·49 | -3·00·42 | 32°41,4'E | 27°44,7'E | 23°10,5'N |
| 13 | 13.06.2000. | 08·05·16 | -3·00·27 | 32°05,0'E | 71°43,3'E | 23°13,5'N |
| 14 | 14.06.2000. | 10·33·38 | -3·01·05 | 32°50,9'E | 34°05,0'E | 23°16,9'N |
| 15 | 15.06.2000. | 07·52·58 | -3·00·45 | 32°04,8'E | 74°58,9'E | 23°19,2'N |
| 16 | 16.06.2000. | 10·42·38 | -3·00·46 | 33°04,5'E | 31°38,0'E | 23°21,7'N |
| 17 | 17.06.2000. | 07·43·15 | -2·58·29 | 32°04,2'E | 76°57,6'E | 23°23,1'N |
| 18 | 18.06.2000. | 10·37·26 | -2·59·16 | 32°26,0'E | 33°18,4'E | 23°24,7'N |
| 19 | 19.06.2000. | 07·29·16 | -3·00·52 | 32°03,3'E | 81°10,8'E | 23°25,5'N |
| 20 | 20.06.2000. | 10·32·05 | -2·59·46 | 33°04,0'E | 34°14,7'E | 23°26,1'N |
| 21 | 21.06.2000. | 07·37·48 | -3·00·32 | 32°03,0'E | 79°04,3'E | 23°26,3'N |
| 22 | 22.06.2000. | 10·13·51 | -3·01·48 | 32°46,0'E | 39°43,1'E | 23°26,0'N |
| 23 | 23.06.2000. | 07·22·56 | -3·00·37 | 32°03,0'E | 82°54,9'E | 23°25,4'N |
| 24 | 24.06.2000. | 10·09·26 | -3·01·05 | 33°06,0'E | 40°25,0'E | 23°24,1'N |

| | | | | | | |
|----|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 25 | 25.06.2000. | 12·15·47 | -2·00·19 | 27°37,0'E | 0°49,1'W | 23°22,4'N |
| 26 | 26.06.2000. | 17·56·33 | -2·00·19 | 27°53,8'E | 86°13,5'W | 23°19,8'N |
| 27 | 27.06.2000. | 11·27·32 | -2·58·45 | 30°31,0'E | 23°03,2'E | 23°18,2'N |
| 28 | 28.06.2000. | 14·22·18 | -2·58·45 | 31°28,0'E | 21°31,9'W | 23°15,0'N |
| 29 | 29.06.2000. | 11·44·25 | -0·59·37 | 12°33,0'E | 7°07,3'E | 23°11,8'N |
| 30 | 30.06.2000. | 16·30·03 | -1·00·03 | 12°56,4'E | 64°30,6'W | 23°07,4'N |

В. Задачи на вычисление экваториальных координат Луны (для $\lambda_C = 36^\circ 20,0'E$)

| № п/п | Условие | | | Ответ | |
|----------|-------------|----------|----------------|------------|-----------|
| | Дата | T_{CP} | $U_{\text{ч}}$ | t | δ |
| 1 | 1.06.2000. | 5·05·25 | -3·00·05 | 92°21,6'E | 13°32,4'N |
| 2 | 2.06.2000. | 5·07·31 | -3·00·11 | 105°44,4'E | 17°26,2'N |
| 3 | 3.06.2000. | 5·09·18 | -3·00·08 | 119°56,3'E | 20°13,5'N |
| 4 | 4.06.2000. | 5·11·33 | -3·00·13 | 134°32,5'E | 21°36,1'N |
| 5 | 5.06.2000. | 5·13·27 | -3·00·17 | 149°15,4'E | 21°25,2'N |
| 6 | 6.06.2000. | 5·15·36 | -3·00·16 | 163°26,5'E | 19°45,1'N |
| 7 | 7.06.2000. | 5·17·40 | -3·00·10 | 176°50,8'E | 16°50,0'N |
| 8 | 8.06.2000. | 5·19·46 | -3·00·06 | 170°38,9'W | 12°59,7'N |
| 9 | 9.06.2000. | 5·20·16 | -3·00·06 | 158°34,5'W | 8°34,1'N |
| 10 | 10.06.2000. | 5·22·22 | -3·00·12 | 147°31,6'W | 3°50,3'N |
| 11 | 11.06.2000. | 5·23·33 | -3·00·13 | 136°43,2'W | 0°56,8'S |
| 12 | 12.06.2000. | 5·24·45 | -3·00·15 | 126°08,7'W | 5°35,4'S |
| 13 | 13.06.2000. | 5·26·12 | -3·00·12 | 115°41,6'W | 9°55,2'S |
| 14 | 14.06.2000. | 5·28·18 | -3·00·08 | 105°17,3'W | 13°46,5'S |
| 15 | 15.06.2000. | 5·30·22 | -3·00·02 | 94°40,1'W | 17°00,3'S |
| 16 | 16.06.2000. | 5·32·30 | -3·00·00 | 83°47,7'W | 19°28,5'S |
| 17 | 17.06.2000. | 5·34·08 | -3·00·08 | 72°32,5'W | 21°04,6'S |
| 18 | 18.06.2000. | 5·36·12 | -3·00·12 | 61°16,9'W | 21°43,9'S |
| 19 | 19.06.2000. | 5·38·27 | -3·00·07 | 50°05,7'W | 21°24,9'S |
| 20 | 20.06.2000. | 5·40·33 | -3·00·13 | 38°57,7'W | 20°08,8'S |
| 21 | 21.06.2000. | 5·42·28 | -3·00·18 | 27°00,5'W | 17°59,3'S |
| 22 | 22.06.2000. | 5·44·35 | -3·00·15 | 17°22,7'W | 15°02,3'S |
| 23 | 23.06.2000. | 5·46·43 | -3·00·13 | 6°57,3'W | 11°24,7'S |
| 24 | 24.06.2000. | 5·48·52 | -3·00·12 | 3°22,2'E | 7°14,1'S |
| 25 | 25.06.2000. | 5·50·14 | -3·00·04 | 13°54,8'E | 1°38,9'S |
| 26 | 26.06.2000. | 5·52·26 | -3·00·06 | 24°33,2'E | 2°11,4'N |
| 27 | 27.06.2000. | 5·54·33 | -3·00·13 | 35°43,0'E | 7°04,8'N |
| 28 | 28.06.2000. | 5·56·46 | -3·00·16 | 47°32,6'E | 11°46,2'N |
| 29 | 29.06.2000. | 5·57·48 | -3·00·18 | 60°32,2'E | 15°56,2'N |
| 30 | 30.06.2000. | 5·59·32 | -3·00·12 | 74°16,3'E | 19°12,7'N |

**Г. Задачи на вычисление экваториальных координат навигационных планет
(для $\lambda_C = 36^\circ 32,5'E$)**

| № п/п | Условие | | | | Ответ | |
|----------|-------------|---------|----------|------------|------------|-----------|
| | Дата | Планета | T_{CP} | U_{ψ} | t_M | δ |
| 1 | 1.06.2000. | Венера | 4·45·15 | -4·01·10 | 128°55,6'E | 21°20,2'N |
| 2 | 2.06.2000. | Марс | 4·55·25 | -4·00·15 | 138°09,3'E | 23°44,4'N |
| 3 | 3.06.2000. | Юпитер | 4·40·45 | -4·00·05 | 113°19,2'E | 17°56,7'N |
| 4 | 4.06.2000. | Сатурн | 4·35·35 | -4·01·15 | 113°45,7'E | 16°43,2'N |
| 5 | 5.06.2000. | Венера | 4·35·25 | -4·01·05 | 132°38,0'E | 22°11,6'N |
| 6 | 6.06.2000. | Марс | 4·53·35 | -4·00·25 | 137°40,7'E | 23°56,6'N |
| 7 | 7.06.2000. | Юпитер | 4·38·15 | -4·00·10 | 111°12,7'E | 18°10,3'N |
| 8 | 8.06.2000. | Сатурн | 4·32·45 | -4·00·35 | 110°51,5'E | 16°50,3'N |
| 9 | 9.06.2000. | Венера | 4·30·45 | -4·00·05 | 134°52,6'E | 22°53,2'N |
| 10 | 10.06.2000. | Марс | 4·27·35 | -4·00·10 | 143°08,2'E | 24°05,4'N |
| 11 | 11.06.2000. | Юпитер | 4·22·25 | -4·00·15 | 111°56,1'E | 18°23,2'N |
| 12 | 12.06.2000. | Сатурн | 4·18·15 | -4·00·05 | 110°54,9'E | 16°57,1'N |
| 13 | 13.06.2000. | Венера | 4·26·48 | -4·00·18 | 137°17,6'E | 23°24,2'N |
| 14 | 14.06.2000. | Марс | 4·22·54 | -4·00·14 | 143°20,2'E | 24°10,9'N |
| 15 | 15.06.2000. | Юпитер | 4·20·36 | -4·00·06 | 109°19,8'E | 18°35,8'N |
| 16 | 16.06.2000. | Сатурн | 4·28·56 | -4·00·16 | 104°49,5'E | 17°03,7'N |
| 17 | 17.06.2000. | Венера | 4·54·42 | -4·00·12 | 131°42,5'E | 23°44,3'N |
| 18 | 18.06.2000. | Марс | 4·48·54 | -4·00·14 | 135°50,0'E | 24°13,0'N |
| 19 | 19.06.2000. | Юпитер | 4·42·18 | -4·00·08 | 100°52,3'E | 18°48,0'N |
| 20 | 20.06.2000. | Сатурн | 4·36·36 | -4·00·16 | 99°26,0'E | 17°10,2'N |
| 21 | 21.06.2000. | Венера | 4·58·48 | -4·00·08 | 132°05,8'E | 23°53,1'N |
| 22 | 22.06.2000. | Марс | 4·56·32 | -4·00·12 | 132°54,4'E | 24°11,8'N |
| 23 | 23.06.2000. | Юпитер | 4·54·22 | -4·00·12 | 94°49,3'E | 18°59,7'N |
| 24 | 24.06.2000. | Сатурн | 4·52·32 | -4·00·02 | 92°09,1'E | 17°16,3'N |
| 25 | 25.06.2000. | Венера | 4·50·48 | -4·00·18 | 131°34,1'E | 23°50,7'N |
| 26 | 26.06.2000. | Марс | 4·48·38 | -4·00·08 | 133°50,8'E | 24°07,2'N |
| 27 | 27.06.2000. | Юпитер | 4·46·42 | -4·00·12 | 93°41,1'E | 19°10,9'N |
| 28 | 28.06.2000. | Сатурн | 4·44·52 | -4·00·12 | 90°22,3'E | 17°22,1'N |
| 29 | 29.06.2000. | Венера | 4·42·42 | -4·00·02 | 138°57,0'E | 23°37,0'N |
| 30 | 30.06.2000. | Марс | 4·40·38 | -4·00·08 | 134°48,8'E | 23°59,4'N |

Выводы

1. МАЕ → это сборник таблиц предварительно вычисленных координат небесных светил, а также некоторых других астрономических данных.
2. Главное назначение МАЕ → определение экваториальных координат небесных светил (Солнце, Луна, Марс, Венера, Сатурн, Юпитер и 160 навигационных звезд) на любой момент времени.
3. Дополнительно с помощью МАЕ можно решать следующие задачи:
 - определять азимут Полярной звезды;
 - исправить измеренную высоту светила для получения ее истинного значения;
 - рассчитать естественную освещенность, время кульминаций Луны и Солнца;
 - рассчитать обсервованную широту по измеренной высоте Полярной звезды.
4. Основными входными аргументами в МАЕ являются: дата плавания и гринвичское время явления (события).

ГЛАВА 6. ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК СВЕТИЛА

6.1. Основные формулы сферической тригонометрии

6.1.1. Параллактический треугольник светила, его элементы

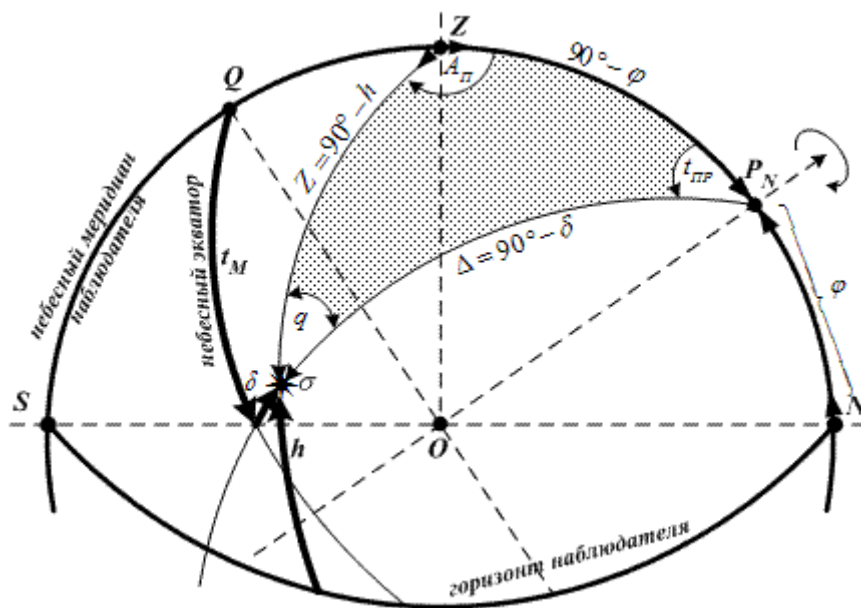


Рис. 6.1. Параллактический треугольник светила

Построив для данной широты (φ) небесную сферу (рис. 6.1) и, проведя вертикал и меридиан светила (σ), получим сферический треугольник $Z\sigma P_N$, вершинами которого являются повышенный полюс Мира (P_N), зенит наблюдателя (Z) и место (его проекция на ВНС) светила (σ).

Этот треугольник называется *параллактическим*, или *полярным*, треугольником светила.

Элементами параллактического треугольника светила являются:

- угол при зените наблюдателя \rightarrow азимут полукругового счета ($A_{П}$);
- угол при повышенном полюсе Мира \rightarrow местный часовой угол светила в практическом счете ($t_{ПР}$);
- угол при светиле \rightarrow параллактический угол (q);
- сторона $ZP_N \rightarrow$ дополнение широты наблюдателя до 90° , то есть « $90^\circ - \varphi$ »;
- сторона $P_N\sigma \rightarrow$ дополнение склонения светила до 90° , или полярное расстояние светила Δ , то есть « $90^\circ - \delta$ »;
- сторона $Z\sigma \rightarrow$ дополнение высоты светила до 90° , или зенитное расстояние светила Z , то есть « $90^\circ - h$ ».

Параллактический треугольник связывает небесные координаты – горизонтные (h и A) и экваториальные (δ и t) – с географическими координатами наблюдателя (широта прямо входит в параллактический треугольник, а долгота получается косвенно из формулы $\lambda = t_M - t_{ПР}$).

Решая параллактический треугольник светила по формулам сферической тригонометрии, в практической астрономии получают или отдельно координаты наблюдателя, или находят его обсервованное место на карте. Из полярного (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 $\rightarrow Z\sigma P_N$.

6.1.2. Основные формулы сферической тригонометрии

Задачей сферической тригонометрии является решение сферического треугольника, то есть вычисление его неизвестных элементов через заданные (известные).

Известно, что для нахождения какого-либо угла или стороны треугольника необходимо, чтобы три любых других его элемента были известны (заданы).

Рассмотрим (без вывода) четыре основные теоремы сферической тригонометрии, устанавливающие необходимую аналитическую зависимость между элементами сферического треугольника.

I. Формула косинуса стороны.

Эта формула связывает между собой все три стороны и один из углов сферического треугольника. Для любого сочетания таких четырех элементов установлена зависимость, что ...

«... косинус стороны сферического треугольника равняется произведению косинусов двух других сторон плюс произведение синусов тех же сторон на косинус угла между ними...».

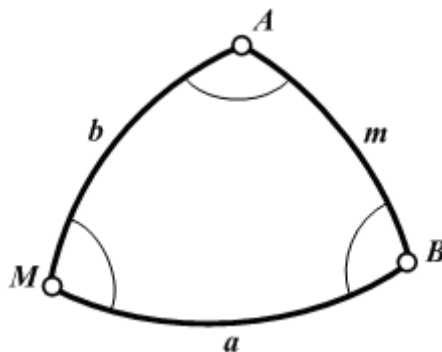


Рис. 6.2. Сферический треугольник

Применительно к стороне a (рис. 6.2) сферического треугольника ABM , руководствуясь теоремой косинуса стороны, можем записать:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos m + \sin b \cdot \sin m \cdot \cos A$$

Для сторон b и m зависимость между элементами треугольника выразится формулами:

$$\left. \begin{aligned} \cos b &= \cos m \cdot \cos a + \sin m \cdot \sin a \cdot \cos B; \\ \cos m &= \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos M. \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

II. Формула синусов связывает между собой противоположащие элементы сферического треугольника \rightarrow углы и стороны.

«... во всяком сферическом треугольнике синусы сторон относятся как синусы противоположащих углов...».

Для сферического треугольника ABM (рис. 6.2) можем записать соотношения:

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B}; \text{ или } \frac{\sin a}{\sin m} = \frac{\sin A}{\sin M}; \text{ или } \frac{\sin b}{\sin m} = \frac{\sin B}{\sin M}. \quad (6.2)$$

Формула синусов применяется для вычисления одного из элементов, входящих в записанные равенства, если известны три других элемента.

III. Формула котангенсов связывает между собой четыре элемента сферического треугольника, лежащие рядом.

«... котангенс крайнего угла, умноженный на синус среднего, равняется произведению котангенса крайней стороны на синус средней без произведения косинусов средних элементов...».

Если в сферическом треугольнике ABM (рис. 6.2) устанавливается зависимость между элементами A , m , B и a , то угол A и сторона a являются крайними, а угол B и сторона m – средними элементами, и тогда:

$$\operatorname{ctg} A \cdot \sin B = \operatorname{ctg} a \cdot \sin m - \cos B \cdot \cos m$$

Всего для треугольника можно написать шесть таких соотношений, а именно:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{ctg} A \cdot \sin M &= \operatorname{ctg} a \cdot \sin b - \cos M \cdot \cos b; \\ \operatorname{ctg} B \cdot \sin M &= \operatorname{ctg} b \cdot \sin a - \cos M \cdot \cos a; \\ \operatorname{ctg} B \cdot \sin A &= \operatorname{ctg} b \cdot \sin m - \cos A \cdot \cos m; \\ \operatorname{ctg} M \cdot \sin A &= \operatorname{ctg} m \cdot \sin b - \cos A \cdot \cos b; \\ \operatorname{ctg} M \cdot \sin B &= \operatorname{ctg} m \cdot \sin a - \cos B \cdot \cos a. \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

Формула котангенсов применяется для вычисления стороны или угла сферического треугольника, если они лежат рядом с тремя заданными элементами.

IV. Формула косинуса угла связывает между собой три угла и одну из сторон сферического треугольника.

«... косинус угла сферического треугольника равняется произведению синусов двух других углов на косинус стороны между ними без произведения косинусов тех же углов...».

Для каждого из углов сферического треугольника ABM можно написать формулы:

$$\left. \begin{aligned} \cos A &= \sin B \cdot \sin M \cdot \cos a - \cos B \cdot \cos M; \\ \cos B &= \sin A \cdot \sin M \cdot \cos b - \cos A \cdot \cos M; \\ \cos M &= \sin A \cdot \sin B \cdot \cos m - \cos A \cdot \cos B. \end{aligned} \right\} \quad (6.4)$$

Эти формулы удобны при вычислении угла по двум другим углам и стороне между ними, а также служат для нахождения стороны по трем заданным углам.

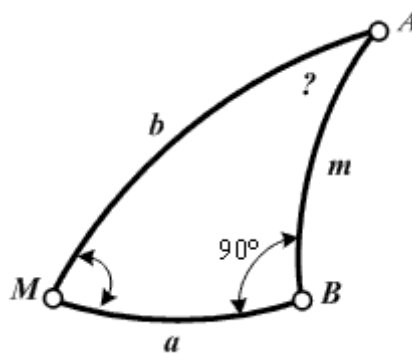


Рис. 6.3. Прямоугольный сферический треугольник

Решение **прямоугольных** треугольников проще, чем косоугольных, так как один из их элементов (угол 90°) всегда известен и для решения треугольника достаточно знать только два элемента.

То же самое относится и к **четвертным** треугольникам, в которых один из элементов (сторона 90°) всегда известен.

Если в сферическом треугольнике ABM (рис. 6.3) заданы угол $B = 90^\circ$, катет a и угол M , то для вычисления неизвестного угла A можно применить формулу косинуса угла (6.4) $\rightarrow \cos A = \sin B \cdot \sin M \cdot \cos a - \cos B \cdot \cos M$.

Если теперь заменить все функции угла $B = 90^\circ$ их значениями ($\sin B = 1$, $\cos B = 0$), то получим

$$\cos A = \sin M \cdot \cos a \quad (6.5)$$

6.2. Вычисление горизонтных координат светил по таблицам логарифмических функций мореходных таблиц «МТ-75»

При вычислении счислимой высоты (h_C) и азимута (A_C) светила по формулам сферической тригонометрии, как по натуральным значениям тригонометрических функций, так и по логарифмам, наиболее удобными являются формулы:

$$\left. \begin{aligned} \sin^2 \frac{Z_C}{2} &= \sin^2 \frac{(\varphi_C \sim \delta)}{2} + \cos \varphi_C \cdot \cos \delta \cdot \sin^2 \frac{t_M}{2}; \\ \sin A_C &= \cos \delta \cdot \sin t_M \cdot \operatorname{cosec} Z_C; \\ h_C &= 90^\circ - Z_C. \end{aligned} \right\} \quad (6.6)$$

В формуле $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$ знак « \sim » означает, что при φ_C и δ одноименных из большей величины вычитается меньшая, а при разноименных \rightarrow величины φ_C и δ складываются.

Значения $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$, $\sin^2 \frac{(\varphi_C \sim \delta)}{2}$ и $\sin^2 \frac{t_M}{2}$ табулированы так, что при вычислениях не нужно делить аргументы Z_C , $\varphi_C \sim \delta$ и t_M , а значения тригонометрических функций возводить в квадрат, все эти действия выполнены в таблицах 5а (5б) «МТ-75» (в «МТ-2000» таких таблиц нет).

Производить исследование формулы $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$ на знаки тригонометрических функций не требуется, так как оба члена ее правой части всегда положительны.

Методику вычисления горизонтных координат светил с помощью «МТ-75» рассмотрим на примере решения конкретной задачи.

Задача: Вычислить значения счислимых высоты (h_C) и азимута (A_C) светила, если:

$$\varphi_C = 43^\circ 20,6'N; \delta = 17^\circ 36,7'N; t_M = 17^\circ 12,4'W.$$

Решение:

1. \rightarrow Составляем схему вычислений:

Схема вычислений горизонтных координат светил по МТ-75

| | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| | | $lg b$ | | $lg a$ | | lg | |
| t_M | $17^\circ 12,4'W^2$ | - | - | \sin^2 | $+8,34982^4$ | \sin | $+9,47102^4$ |
| φ_C | $43^\circ 20,6'N^2$ | - | - | \cos | $+9,86169^5$ | - | - |
| δ | $17^\circ 36,7'N^2$ | - | - | \cos | $9,97915^6$ | \cos | $+9,97915^6$ |
| $\varphi_C \sim \delta$ | $25^\circ 43,9'^3$ | \sin^2 | $8,69531^7$ | Σ | $=8,19066^8$ | - | - |
| | | $Apz.$ (или α) | $0,11821^{10}$ | α (или $Apz.$) | $0,50465^9$ | $sec h_C$ | $+0,30677^{14}$ |
| | | | | $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$ | $8,81352^{11}$ | $\sin A_C$ | $=9,75694^{15}$ |
| | $h_C = 90^\circ - Z_C = 90^\circ - 29^\circ 33,8' = 60^\circ 26,2'^{13}$ | | | Z_C | $29^\circ 33,8'^{12}$ | A_C | $34^\circ 51,0'SW^{16}$ |

2. \rightarrow Записываем в схему вычислений значения: φ_C ($43^\circ 20,6'N$); t_M ($17^\circ 12,4'W$); δ ($17^\circ 36,7'N$).

3. \rightarrow Рассчитываем значение ($\varphi_C \sim \delta$). Так как счислимая широта (φ_C) одного наименования с наименованием склонения светила (δ) \rightarrow из большей величины ($43^\circ 20,6'$) вычитаем меньшую ($17^\circ 36,7'$) и полученный результат ($25^\circ 43,9'$) записываем в схему вычислений.

4. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 110) выбираем значение $lg \sin^2 t_M$ ($17^\circ 12,4'$) и $lg \sin t_M$ ($17^\circ 12,4'$). Выбранные величины ($8,34982$ и $9,47102$ соответственно) записываем в схему вычислений.

Примечание:

- $\lg \sin^2 \frac{\alpha}{2}$
1. Если значение $t_M > 90^\circ$, то значение $\lg \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ выбираем из таблицы 5б «МТ-75» (с. 138÷145), а значение $\lg \sin t_M \rightarrow$ из таблицы 5а для значения угла $(180^\circ - t_M)$.
 2. Если значение $t_M > 180^\circ$, то есть в круговой системе счета, переводим его в практическую систему счета по формуле $(360^\circ - t_M)$ и меняем наименование (с W на E).
 5. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 136) выбираем значение $\lg \cos 43^\circ 20,6'$ (9,86169) и записываем его в схему вычислений.
 6. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 110) выбираем значение $\lg \cos 17^\circ 36,7$ (9,97915) и записываем его дважды в схему вычислений.
 7. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 118) выбираем значение $\lg \sin^2 25^\circ 43,9'$ (8,69531) и записываем его в схему вычислений, как $\lg b$.

Примечание:

1. Если значение $(\varphi_C \sim \delta) > 90^\circ$, то значение $\lg \sin^2$ выбираем из таблицы 5б «МТ-75» (с. 138÷145).
8. \rightarrow Рассчитываем значение $\lg a$ как сумму значений логарифмов $\sin^2 t_M$, $\cos \varphi$, $\cos \delta$, а полученный результат (8,19066) записываем в схему вычислений.

Примечание:

1. Мантиссы логарифмов складываются аналогично сложению обычных чисел.
2. Отрицательные характеристики логарифмов в «МТ-75» заменены положительными дополнениями до 10, то есть: 2,...~8,...; 1,...~9,...; -3,...~7,...; и т.д.
9. \rightarrow Рассчитываем значение $Apz.$, как разность между большим и меньшим значениями логарифмов: $\lg b$ (8,69531) - $\lg a$ (8,19066) и полученный результат (0,50465) записываем в схему вычислений под меньшим значением логарифмов a и b (под $\lg a = 8,19066$).
10. \rightarrow Из таблицы 3а «МТ-75» (с. 77) по значению $Apz.$ (0,50465) выбираем значение $\lg a$ (0,11821) и записываем выбранную величину под большим значением логарифмов a и b (под $\lg b = 8,69531$).

- $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$
11. \rightarrow Рассчитываем значение $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$, как сумму большего из значений логарифмов a и b (8,69531) и величины a (0,11821). Полученный результат (8,81352) записываем в схему вычислений.

- $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$
12. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 122) по значению $\sin^2 \frac{Z_C}{2}$ (8,81352) выбираем значение Z_C . Выбранное обратным входом в таблицу 5а «МТ-75» значение Z_C ($29^\circ 33,8'$) записываем в схему вычислений.

13. \rightarrow Рассчитываем значение счислимой высоты (h_C) по формуле $h_C = 90^\circ - Z_C$.

$h_C = 90^\circ - 29^\circ 33,8' = 60^\circ 26,2'$ и записываем его в схему вычислений.

14. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 122) по значению h_C ($60^\circ 26,2'$) выбираем значение $\lg \sec h_C$ (0,30677) и записываем его в схему вычислений.
15. \rightarrow Рассчитываем значение $\lg \sin A_C$, как сумму логарифмов $\sin t_M$, $\cos \delta$, $\sec h$ и полученный результат (9,75694) записываем в схему вычислений.
16. \rightarrow Из таблицы 5а «МТ-75» (с. 127) по значению $\lg \sin A_C$ (9,75694) выбираем значение счислимого азимута светила (A_C) в четвертом счете. Выбранное обратным входом в таблицу 5а «МТ-75» значение A_C ($34^\circ 51,0'$) записываем в схему вычислений.
17. Определяем наименование счислимого азимута по схеме:

Схема определения наименования азимута светила

| Наименование δ | Величина δ | Величина h | 1-я буква азимута |
|-----------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|
| - разноименно с φ_C | | | - разноименна с φ_C |
| - одноименно с φ_C | $\delta > \varphi_C$ | | - одноименна с φ_C |
| - одноименно с φ_C | $\delta < \varphi_C$ | $h_C > h_I^*$ | - разноименна с φ_C |
| - одноименно с φ_C | $\delta < \varphi_C$ | $h_C < h_I^*$ | - одноименна с φ_C |

* h_I – высота светила на первом вертикале из таблицы 21 «МТ-75» (с. 243-245). Вторая буква наименования азимута всегда одноименна с t_M в практическом счете.

Из таблицы 21 «МТ-75» (с. 244) по значениям δ ($\sim 18^\circ$) и φ_C ($\sim 44^\circ$) выбираем приближенное значение высоты светила на первом вертикале $h_I \sim 26^\circ$ и убеждаемся, что h_C ($\sim 60^\circ$) $>$ h_I ($\sim 26^\circ$).

Так как:

1. – наименование δ (N), одноименно с φ_C (N);
2. – величина δ ($\sim 18^\circ$) $<$ величины φ_C ($\sim 43^\circ$);
3. – величина h_C ($\sim 60^\circ$) $>$ величины h_I ($\sim 26^\circ$),

то первая буква наименования счислимго азимута (по схеме) будет разноименна с наименованием $\varphi_C N$, то есть – S .

Ответ: $h_C = 60^\circ 26,2'$; $A_C = 34^\circ 51,0'SW$.

Примечание: при необходимости иметь азимут в круговой системе счета получим:

$A_{Cкр} = 214^\circ 51,0' \approx 214,9^\circ$.

6.3. Вычисление высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-57»

6.3.1. Назначение и устройство «Таблиц для вычисления высоты и азимута (ТВА-57)»

В основу построения таблиц «ТВА-57», разработанных А.П. Ющенко, положено решение параллактического треугольника светила, разделенного сферическим перпендикуляром P на два прямоугольных треугольника $\Delta Z\sigma D$ и $\Delta P_N\sigma D$ (рис. 6.4).

Величина X представляет собой **расстояние от экватора (точка Q) до основания перпендикуляра P (точка D)** и может иметь величину от 0° до 180° .

Решая прямоугольные треугольники $P_N\sigma D$ и $Z\sigma D$ по формулам сферической тригонометрии, можно получить группу формул для вычисления горизонтных координат светила: азимута (A_C) и высоты (h_C):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} A &= \frac{\operatorname{tg} t \cdot \operatorname{sec} [90^\circ + (X \sim \varphi)]}{\operatorname{sec} X}, \\ \operatorname{tg} h &= \frac{\operatorname{tg} [90^\circ + (X \sim \varphi)]}{\operatorname{sec} A}. \end{aligned} \quad (6.7)$$

где $[90^\circ + (X \sim \varphi)] \rightarrow$ обозначают через Y .

Величина X из треугольника определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} X = \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sec} t. \quad (6.8)$$

Для упрощения вычислений и повышения их точности автор таблиц А.П. Ющенко видоизменил логарифмы sec и tg :

$$S(\alpha) = 2 \cdot 10^4 \cdot \lg \operatorname{sec} \alpha; T(\alpha) = 2 \cdot 10^4 \cdot \lg \operatorname{tg} \alpha + 70725 \rightarrow$$

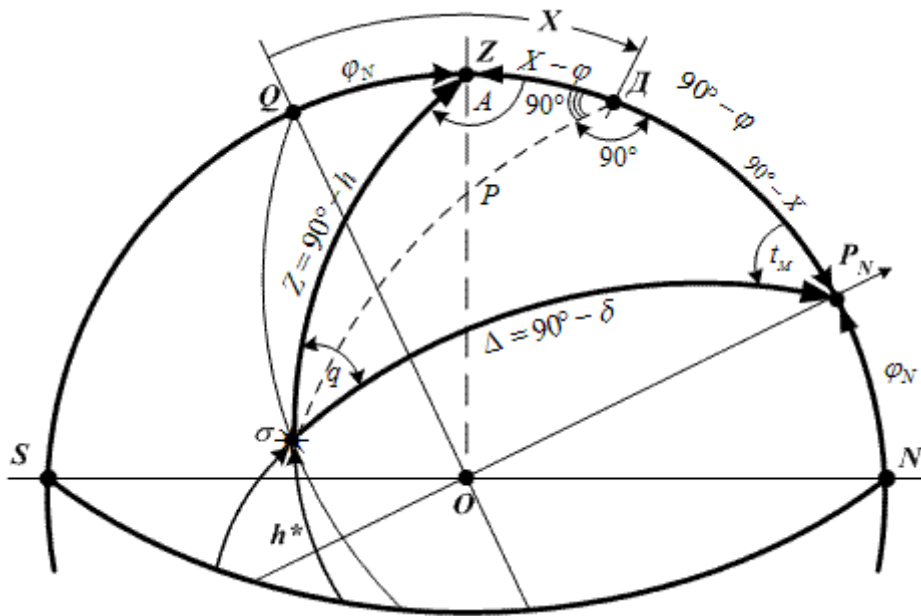


Рис. 6.4. Параллактический треугольник светила

Формулы (6.7) и (6.8) ($tg A$, $tg h$, $tg X$) после логарифмирования и введения авторских изменений получили вид:

$$\begin{aligned} T(A) &= T(t) - S(X) + S(Y); \\ T(h) &= T(Y) - S(A); \\ T(X) &= T(\delta) + S(t). \end{aligned} \quad (6.9)$$

По этим формулам составляется схема вычисления, в которую вписываются значения $T(\alpha)$ и $S(\alpha)$, выбираемые из «ТВА-57» по соответствующим аргументам.

Материал в «ТВА-57» расположен в следующем порядке:

1. → **объяснение таблиц**, в котором, кроме обоснования таблиц, даются правила работы при вычислении h и A , а также при решении некоторых навигационных задач (с. 5÷16);
2. → **вспомогательные таблицы** (1÷10) – для исправления высот светил и перевода временных мер в дуговые и обратно (с. 19÷29);
3. → **таблица для вычисления высоты и азимута светила** (с. 33÷137);
4. → **приложение** «Разность широт географической (φ) и сферической (φ')» (с. 138) широт.

Представленные в основных таблицах (с. 33÷137) функции $T(\alpha)$ и $S(\alpha)$ даются для углов от 0 до 180°, что соответствует наибольшим возможным значениям аргументов (t_M , δ , X и Y).

Величины $T(\alpha)$ приводятся для интервалов аргументов в «0,1'», что позволяет избежать интерполирования при выборке.

Значения функций $S(\alpha)$ для углов от 75° до 104° также даны через «0,1'».

Для остальных углов интервалы для выборки $S(\alpha)$ составляют «1'».

6.3.2. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-57»

Методику расчета счислимых высоты (h_C) и азимута (A_C) светила по таблицам «ТВА-57» рассмотрим на примере решения конкретной задачи.

Задача: Рассчитать значения h_C и A_C если: $\varphi_C = 43^\circ 20,6'N$; $\delta = 17^\circ 36,7'N$; $t_M = 17^\circ 12,4'W$.

Решение:

1. Составляем схему вычислений (см. астрономический бланк ф. «Ш-8б»).

Схема вычислений h_C и A_C по «ТВА-57»

| | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|--|------------|---------|--------------|---------|--------------|
| δ | $17^{\circ}36,7'N^2$ | $+T(\delta)$ | $+60758^3$ | | | | |
| t | $17^{\circ}12,4'W^2$ | $S(t)$ | 397^4 | $-T(t)$ | 60543^4 | | |
| X | $18^{\circ}22,8'N^6$ | $T(X)$ | 61155^5 | $S(X)$ | 455^6 | | |
| φ_C | $43^{\circ}20,6'N^2$ | | | $+T(P)$ | 60088^7 | | |
| $Y=90^{\circ}+(X\sim\varphi_C)$ | $114^{\circ}57,8'^8$ | | | $S(Y)$ | 7493^9 | $-T(Y)$ | 77366^9 |
| A_C | $^{11} 34^{\circ}51,0'SW$ | $-A_{Ckp} \approx 214,9^{\circ}.^{14}$ | | $T(A)$ | 67581^{10} | $S(A)$ | 1717^{11} |
| h_C | $60^{\circ}26,0'^{13}$ | | | | | $T(h)$ | 75649^{12} |

2. Записываем в схему вычислений исходные данные (δ, t_M, φ_C).
3. По аргументу δ ($17^{\circ}36,7'$) выбираем из «ТВА-57» (с. 50) значение функции $T(\delta) \rightarrow (60758)$ и записываем его в схему вычислений.
4. По аргументу t ($17^{\circ}12,4'$) выбираем из «ТВА-57» (с. 50) значение функций $T(t) \rightarrow (60543)$ и $S(t) \rightarrow (397)$ и записываем его в схему вычислений.
5. Рассчитываем значение функции $T(X) = T(\delta) + S(t)$ и полученную величину (61155) записываем в схему вычислений.
6. По значению функции $T(X)$ (61155), из «ТВА-57» (с. 51), выбираем значения X ($18^{\circ}22,8'$), придав ему наименование N и значение функции $S(X) \rightarrow (455)$. Записываем выбранные величины в схему вычислений.

Примечание:

1. Величина X всегда одного наименования с наименованием склонения δ .
2. Если величина $t > 90^{\circ}$, то и величина $X > 90^{\circ}$, то есть вход в таблицу «ТВА-57» будет снизу (градусы), справа (минуты) и снизу (десять доли минуты).
7. Рассчитываем значение функций $T(P) = T(t) - S(X) = 60088$ и записываем его в схему вычислений ($60543 - 455 = 60088$).
8. Рассчитываем величину $Y = 90^{\circ} + (X \sim \varphi_C) = 114^{\circ}57,8'$ и записываем его в схему вычислений.

Примечание:

1. Знак « \sim » при вычислении величины Y означает вычитание из большей величины меньшей \rightarrow при одноименных X и φ_C и сложение \rightarrow при разноименных X и φ_C .
9. По аргументу Y ($114^{\circ}57,8'$), из «ТВА-57» (с. 98), выбираем значение функций $S(Y) = 7493$ и $T(Y) = 77366$ и записываем их в схему вычислений.
10. Рассчитываем значение функции $T(A) = T(P) + S(Y) = 67581$ и записываем его в схему вычислений.
11. По значению функции $T(A)$ (67581), из «ТВА-57» (с. 67) выбираем значение счислимого азимута $A_C = 34^{\circ}51,0'$ и значение функции $S(A) = 1717$.

Примечание:

1. Из таблицы «ТВА-57» азимут выбирается в четвертном счете.
2. При четвертном счете азимута первая буква его наименования одноименна с φ_C только при $X > \varphi_C$ и одноименных. Во всех остальных случаях первая буква наименования азимута разноименна с φ_C . Вторая буква наименования азимута всегда одного наименования с t_M . (В нашей задаче $X < \varphi_C$ и наименование азимута SW).
12. Рассчитываем значение функции $T(h) = T(Y) - S(A) = 75649$ и записываем его в схему вычислений.
13. По значению функции $T(h)$ (75649), из «ТВА-57» (с. 93), выбираем значение счислимой высоты $h_C = 60^{\circ}26,0'$ и записываем его в схему вычислений.
14. Переводим счислимый азимут ($34^{\circ}51,0' SW$) из четвертного счета в круговой ($A_{kp} = 214^{\circ}51,0'$) и округляем его значение до десятых долей градуса ($A_{kp} = 214,9^{\circ}$).

Ответ: $A_C = 214,9^\circ$; $h_C = 60^\circ 26,0'$.

Примечание:

1. Преимуществом таблиц «ТВА-57», по сравнению с таблицами «ВАС-58», является их компактность и более высокая точность расчета значений счислимых высоты и азимута при любых значениях аргументов δ , t_M , φ_C .
2. Выдержка из таблиц «ТВА-57»:

| | | 45° | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|----|
| ° | S | T | | | | | S | ° |
| | | 0,0 | 0,1 | . . . | 0,9 | | | |
| 0 | 30 10 | 707 25 | 707 26 | . . . | 707 30 | 707 30 | 30 13 | 59 |
| 1 | 13 | 30 | 30 | . . . | 35 | 35 | 15 | 58 |
| 2 | 15 | 35 | 36 | . . . | 40 | 40 | 18 | 57 |
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |

Стр. 78

| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
|------|-------|--------|---------------|-------|--------|--------|-------|---|
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . . . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . . . | . | . | 57 | 3 |
| 57 | 31 57 | 710 13 | <u>710 14</u> | . . . | 710 18 | 710 18 | 31 59 | 2 |
| 58 | 59 | 18 | 19 | . . . | 23 | 23 | 62 | 1 |
| 59 | 62 | 23 | 24 | . . . | 28 | 28 | 65 | 0 |
| ° | S | T | | | | | S | ° |
| | | | 0,9 | . . . | 0,1 | 0,0 | | |
| 134° | | | | | | | | |

Примеры:

1. Если величина функции $T(X) = 71014$, а значение $t_M < 90^\circ$, то величина $X = 45^\circ 57,1'$ и величина функции $S(X) = 3157$.
2. Если величина функции $T(X) = 71014$, а значение $t_M > 90^\circ$, то величина $X = 134^\circ 02,9'$ и величина функции $S(X) = 3157$.
3. Если величина $Y = 134^\circ 01,9'$, то значение функции $S(Y) = 3159$, а значение функции $T(Y) = 71019$.

6.3.3. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-52»

Вычисления высоты h_C и азимута A_C производят по схеме

Пример:

| | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|---|------------|---------|-----------|-----------|---------|--------------|
| δ | $16^\circ 26,1' N^1$ | $+T(\delta)$ | $+60121^2$ | | | | | |
| t | $46^\circ 05,2' W^1$ | $S(t)$ | 3178^2 | $-T(t)$ | 71055^2 | | | |
| X | $23^\circ 02,4' N^4$ | $T(X)$ | 63299^3 | $S(X)$ | 722^4 | | | |
| φ_C | $13^\circ 24,1' N^1$ | | | | $+T(P)$ | 70333^7 | | |
| $Y=90^\circ+(X-\varphi_C)$ | $99^\circ 38,3' ^5$ | | | | $S(Y)$ | 15523^6 | $-T(Y)$ | 86125^6 |
| A_C | $80^\circ 03,9' NW^9$ | $\rightarrow A_{Ckp} \approx 279,9^\circ$ | | | $T(A)$ | 85856^8 | $S(A)$ | 15263^9 |
| h_C | $45^\circ 27,4' ^{11}$ | | | | | | $T(h)$ | 70862^{10} |

1. В схему вписать значения: δ ($16^\circ 26,1' N$), t_M ($46^\circ 05,2' W$) и φ_C ($13^\circ 24,1' N$).
2. По аргументу δ и t выбрать значения: $T(\delta) \rightarrow (60121)$, $S(t) \rightarrow (3178)$ и $T(t) \rightarrow (71055)$.
3. Рассчитать величину $T(X) = T(\delta) + S(t) = 60121 + 3178 = 63299$.
4. По величине $T(X)$ (63299) выбрать значения: X ($23^\circ 02,4'$) и $S(X) \rightarrow (722)$.
5. Рассчитать величину $Y=90^\circ+(X-\varphi_C) = 90^\circ + (23^\circ 02,4' - 13^\circ 24,1') = 99^\circ 38,3'$ (если X и φ_C разноименны, то их значения сложить).

6. По значению Y выбрать значения: $S(Y) = 15523$ и $T(Y) = 86125$.
7. Рассчитать значение $T(P) = T(t) - S(X) = 71055 - 722 = 70333$.
8. Рассчитать значение $T(A) = T(P) + S(Y) = 70333 + 15523 = 85856$.
9. По значению $T(A) = 85856$ выбрать значения: $A_C(80^\circ 03,9')$ и $S(A) = 15263$.
10. Рассчитать значение $T(h) = T(Y) - S(A) = 86125 - 15263 = 70862$.
11. По значению $T(h) = 70862$ выбрать значение $h_C = 45^\circ 27,4'$.

Примечание:

1. Если величина $t > 90^\circ$, то и величина $X > 90^\circ$ (вход в таблицу снизу).
2. Величина X всегда одного наименования с наименованием склонения δ .
3. Первая буква наименования A_C одноименна с φ_C только при $X > \varphi_C$ и одноименных; вторая – всегда одноименна с t_M .

По калькулятору (по формулам):

1.
$$\operatorname{tg} X = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t} = \frac{\operatorname{tg} 16^\circ 26,1'}{\cos 46^\circ 05,2'} = 23^\circ 02,4' N;$$
2.
$$\operatorname{tg} A_C = \frac{\operatorname{tg} t \cdot \cos X}{\sin(X \sim \varphi_C)} = \frac{\operatorname{tg} 46^\circ 05,2' \cdot \cos 23^\circ 02,4'}{\sin 9^\circ 38,3'} = 80^\circ 03,9' NW (279,9^\circ);$$
3.
$$\operatorname{tg} h_C = \frac{\cos A_C}{\operatorname{tg}(X \sim \varphi_C)} = \frac{\cos 80^\circ 03,9'}{\operatorname{tg} 9^\circ 38,3'} = 45^\circ 27,4'.$$

6.3.4. Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ТВА-57» – для «ТВА-52» → см. Приложение 15

| № п/п | Условие | | | Ответ | |
|-------|-----------|-----------|-------------|---------|----------|
| | δ | t_M | φ_C | A_C | h_C |
| 1 | 23°25,1'N | 64°45,3'W | 42°12,0'N | 87,8°NW | 33°50,5' |
| 2 | 59°05,8'N | 94°54,5'W | 42°12,0'N | 37,6°NW | 32°56,8' |
| 3 | 11°32,5'N | 38°21,9'E | 42°36,0'N | 58,5°SE | 44°30,0' |
| 4 | 11°34,3'N | 8°44,4'E | 42°36,0'N | 16,3°SE | 58°03,2' |
| 5 | 60°39,8'N | 83°58,5'W | 42°12,0'N | 38,6°NW | 38°35,0' |
| 6 | 8°12,5'N | 19°46,7'W | 42°12,0'N | 24,6°SW | 36°27,0' |
| 7 | 11°53,0'N | 38°03,8'E | 42°36,0'N | 58,5°SE | 44°57,2' |
| 8 | 11°55,5'N | 6°31,9'W | 42°36,0'N | 12,4°SW | 58°48,0' |
| 9 | 40°55,1'N | 51°47,8'W | 42°12,0'N | 73,9°NW | 51°49,6' |
| 10 | 16°29,6'N | 30°02,6'W | 42°12,0'N | 54,1°SW | 53°40,0' |
| 11 | 12°13,9'N | 17°59,2'E | 42°36,0'N | 32,5°SE | 55°51,4' |
| 12 | 12°16,7'N | 31°03,7'W | 42°36,0'N | 50,9°SW | 49°28,1' |
| 13 | 7°24,6'N | 11°47,4'W | 42°12,0'N | 20,0°SW | 53°41,1' |
| 14 | 49°49,6'N | 49°49,4'W | 42°12,0'N | 59,8°NW | 55°14,7' |
| 15 | 12°34,1'N | 17°23,2'E | 42°36,0'N | 31,8°SE | 56°24,1' |
| 16 | 12°36,7'N | 31°46,7'W | 42°36,0'N | 52,0°SW | 49°19,5' |
| 17 | 28°36,1'N | 19°39,3'W | 42°12,0'N | 55,8°SW | 69°04,7' |
| 18 | 16°41,8'N | 0°11,7'W | 42°12,0'N | 0,2°SW | 31°06,2' |
| 19 | 20°25,1'N | 8°16,3'W | 42°36,0'N | 20,0°SW | 66°45,2' |
| 20 | 20°26,6'N | 55°21,4'W | 42°36,0'N | 82,4°SW | 38°56,5' |

| | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|---------|----------|
| 21 | 16°24,7'N | 3°25,3'W | 42°12,0'N | 7,5°SW | 64°02,7' |
| 22 | 8°36,6'N | 38°43,4'E | 42°12,0'N | 44,5°SE | 28°05,5' |
| 23 | 20°39,6'N | 16°37,0'W | 42°36,0'N | 37,6°SW | 64°00,1' |
| 24 | 20°41,1'N | 63°41,7'W | 42°36,0'N | 88,6°SW | 32°59,4' |
| 25 | 28°03,2'N | 10°57,0'E | 42°12,0'N | 35,7°SE | 73°17,4' |
| 26 | 56°26,2'N | 59°48,3'E | 42°12,0'N | 48,0°NE | 49°58,3' |
| 27 | 20°47,9'N | 4°28,1'E | 42°36,0'N | 11,2°SE | 67°52,6' |
| 28 | 20°49,4'N | 42°37,7'W | 42°36,0'N | 72,2°SW | 48°19,1' |
| 29 | 12°01,2'N | 46°09,6'E | 42°12,0'N | 66,9°SE | 39°55,3' |
| 30 | 61°48,3'N | 59°40,3'E | 42°12,0'N | 39,6°NE | 50°14,6' |

6.4. Вычисление высот и азимутов светил по таблицам «ВАС-58»

6.4.1. Назначение и устройство таблиц «Высоты и азимуты светил» (ВАС-58)

Горизонтные координаты светил (высота – h , азимут – A) могут быть рассчитаны по формулам сферической тригонометрии, которые получаются при решении параллактического треугольника:

$$\left. \begin{aligned} \sin h_c &= \sin \varphi_c \cdot \sin \delta + \cos \varphi_c \cdot \cos \delta \cdot \cos t_M \\ \operatorname{ctg} A_c &= \cos \varphi_c \cdot \operatorname{tg} \delta \operatorname{cosec} t_M - \sin \varphi_c \cdot \operatorname{ctg} t_M \end{aligned} \right\} \quad (6.10)$$

где $t_M = t_{\text{сп}} \pm \lambda \frac{E}{W}$.

Если по этим формулам заранее рассчитать значения высот и азимутов для ряда исходных значений φ , δ , t (например через 1°) и поместить в готовом виде в таблицах, то получим таблицы готовых ответов.

К такому типу таблиц и относятся таблицы «Высоты и азимуты светил» (ВАС-58).

В таблицах «ВАС-58» интервалы всех аргументов в основном установлены в 1° . Для промежуточных значений φ , δ , t_M к выбранным табличным значениям h_T и A_T необходимо вводить поправки.

При учете всех поправок значение h_c определяется с погрешностью около $\pm 0,2$, а азимута (A_c) – $\pm 0,1^\circ \div 0,2^\circ$.

Таблицы «ВАС-58» издаются в четырех томах. Каждый том охватывает широтную зону в 20° . Том I предназначается для широт $0^\circ \div 19^\circ$, том II – $20^\circ \div 39^\circ$, том III – $40^\circ \div 59^\circ$ и том IV – $60^\circ \div 80^\circ$ как северного, так и южного полушария.

Материал в каждом томе расположен в следующем порядке:

1. – 9 таблиц поправок к измеренной высоте светила;
2. – устройство таблиц и правила пользования ими;
3. – **основные таблицы (ОТ)** с клапанами через 1° широты;
4. – **таблица 1 (Т1)** – «Поправки высоты и азимута за широту и склонение» с клапанами высоты светила (8 диапазонов высоты от $0^\circ \div 73^\circ$);
5. – **таблица 2 (Т2)** – «Поправки высоты за часовой угол» с клапанами широты через 5° ;
6. – **таблица 3 (Т3)** – «Дополнительная поправка высоты»;
7. – список 127 навигационных звезд, наблюдения которых можно обрабатывать по «ВАС-58»;
8. – карта звездного неба.

Значения φ , δ , t для которых рассчитаны высоты и азимуты, называются табличными и обозначаются φ_T , δ_T , t_T . Табличные значения указанных величин представляют собой, как правило, заданные (исходные) значения φ , δ и t , округленные до ближайшего целого градуса.

Высоты и азимуты, рассчитанные по значениям φ_T , δ_T и t_T , также называются табличными и обозначаются h_T и A_T .

Так как заданная широта φ_C отличается от табличной широты φ_T на величину $\Delta\varphi = \varphi_C - \varphi_T$, в табличное значение высоты (h_T) и азимута (A_T), надо ввести поправки за отличие заданной широты ($\varphi_{зад} = \varphi_C$) от табличной. Эти поправки называют поправками за широту и обозначают Δh_φ и ΔA_φ .

Так как заданные значения склонения ($\delta_{зад} = \delta$) и часового угла ($t_{зад} = t_M$) отличаются от их табличных значений на величину $\Delta\delta = \delta_{зад} - \delta_T$ и $\Delta t = t_{зад} - t_T$, то надо ввести и поправки за склонение ($\Delta h_\delta, \Delta A_\delta$) и поправки за часовой угол ($\Delta h_t, \Delta A_t$).

Кроме того, для повышения точности вычислений к табличной высоте придается еще и дополнительная поправка Δh_δ .

Таким образом, высота и азимут светила получаются как сумма табличного их значения и указанных поправок, то есть:

$$\left. \begin{aligned} h_C &= h_T + \Delta h_\varphi + \Delta h_\delta + \Delta h_t + \Delta h_\delta \\ A_C &= A_T + \Delta A_\varphi + \Delta A_\delta + \Delta A_t \end{aligned} \right\} \quad (6.11)$$

Табличные значения высоты (h_T) и азимута (A_T) приведены в основных таблицах (ОТ), а значения поправок – в специальных таблицах поправок Т1, Т2 и Т3, помещенных в «ВАС-58» после основных таблиц.

Значение поправки ΔA_t в таблицах поправок не дается. Эта поправка определяется из основных таблиц (ОТ) интерполированием азимута по часовому углу.

По данным ОТ устанавливается и знак поправки A_δ по изменению азимута с изменением склонения.

6.4.2. Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ВАС-58»

Методику расчета счислимых высоты (h_C) и азимута (A_C) светила по таблицам «ВАС-58» рассмотрим на примере решения конкретной задачи.

Задача: 10 мая в точке с координатами: $\varphi_C = 43^\circ 20,6' N$, $\lambda_C = 37^\circ 20,2' E$ измерили высоту нижнего края Солнца (Ист. $h_\odot = 60^\circ 28,1'$) и по МАЕ рассчитали значение экваториальных координат: $t_{M\odot} = 17^\circ 12,4' W$, $\delta_{\odot} = 17^\circ 36,7' N$.

Определить: $h_{C\odot} - ?$ $A_{C\odot} - ?$

Решение:

І этап – подготовка данных для вычислений.

1. Составляем схему вычислений (см. астрономический бланк ф. «Ш-8»).
2. Вписываем в схему вычислений заданные значения φ_C , δ_{\odot} , $t_{M\odot}$ и отмечаем, что склонение Солнца ($\delta_{\odot N}$) одноименно с широтой (φ_{CN}).
3. Определяем и записываем в схему вычислений табличные значения (ближайшее целое число градусов) $\varphi_T = 43^\circ$, $\delta_T = 18^\circ$, $t_T = 17^\circ$.

Примечание:

1. Табличные значения широты (φ_T) и часового угла (t_T) даны строго через 1° .
2. Табличные значения склонения (δ_T) до 29° даны также через 1° , а при склонении более 29° – через $1^\circ 30'$; 2° ; 3° и $3^\circ 30'$, поэтому табличное значение склонения (δ_T) может иметь величину не кратную 1° , а например: $\delta_T = 49^\circ 30'$.

Схема вычислений счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ВАС-58»

| | | | | | | | |
|--|----------------------|---------------|-------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| Арг. | Заданные | Табличные | Зад.-Табл. | h | $61^\circ 09,2' ^6$ | A | $144,8^\circ ^6$ |
| φ | $43^\circ 20,6' N^2$ | $43^\circ ^3$ | $+20,6' ^4$ | Δh_φ | $-16,9' ^{12}$ | ΔA_φ | $+0,4^\circ ^{12}$ |
| δ | $17^\circ 36,7' N^2$ | $18^\circ ^3$ | $-23,3' ^4$ | Δh_δ | $-21,0' ^{15}$ | ΔA_δ | $^7 +0,4^\circ ^{15}$ |
| t | $17^\circ 12,4' N^2$ | $17^\circ ^3$ | $+12,4' ^4$ | Δh_t | $-5,1' ^{21}$ | ΔA_t | $-0,3^\circ ^8$ |
| q | $26^\circ ^6$ | | | Δh_δ | $-0,1' ^{25}$ | $\Sigma \Delta A$ | $+0,5^\circ ^{28}$ |
| <u>одно</u> | | | | $\Sigma \Delta h$ | $-43,1' ^{26}$ | A_C | $N145,3^\circ W^{29}$ |
| φ и δ разноименные ² | | | | h_C | $60^\circ 26,1' ^{27}$ | | |

4. Рассчитываем разности «задан.-табл.» и записываем их в схему вычислений со своими знаками: ($\Delta\varphi = +20,6'$; $\Delta\delta = -23,3'$; $\Delta t = +12,4'$).

II этап – выбор данных из основных таблиц (ОТ).

5. Убеждаемся, что значение счислимой широты ($43^{\circ}20,6' N$) находится в диапазоне широт $40-59^{\circ}$, то есть третьего тома «ВАС-58» (см. «ВАС-58» т. 3).
6. По табличным значениям φ_T , δ_T , t_T из ОТ III тома выбираем значения: $h_T = 61^{\circ}09,2'$; $A_T = 144,8^{\circ}$; $q = 26^{\circ}$ (с. 42) и записываем их в схему.

Основные таблицы (ОТ) ВАС-58

| <i>класан</i> $\varphi = 43^{\circ}$ | | <i>Склонение одноименно с широтой</i> | | | | | | | | | | | | с. 42 | | | |
|---|--------------|---------------------------------------|---------------|----------|--------------------------|----------|-----------------|--------------------------|-------------------|-----------------|--------------|-----|-----|--------------|----------|----------|--|
| <i>t</i> | δ | 16° | | | $17^{\circ} \Rightarrow$ | | | $\Rightarrow 18^{\circ}$ | | | ... | | | 23° | | | |
| | | <i>h</i> | <i>A</i> | <i>q</i> | <i>h</i> | <i>A</i> | <i>q</i> | <i>h</i> | <i>A</i> | <i>q</i> | ... | ... | ... | <i>h</i> | <i>A</i> | <i>q</i> | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | \Downarrow | | | | | | | \Downarrow | \Downarrow | \Downarrow | | | | | | | |
| | ... | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | \Rightarrow | \Rightarrow | | \Rightarrow | ... | $145,7^{\circ}$ | \Rightarrow | $61^{\circ}09,2'$ | $144,8^{\circ}$ | 26° | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | $60^{\circ}43,4'$ | $143,1^{\circ}$ | 28° | | | | | | |
| | ... | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ... | | | | | | | | | | | | | | | | |

Примечание:

1. Если φ_C и δ разноименны (N и S), то входить в ОТ надо снизу и справа правой страницы (с. 43), где написано «Склонение разноименно с широтой».
7. Определяем знак поправки ΔA_{δ} . Так как в нашем примере $\delta_{факт} < \delta_T$, то смотрим, какое значение имеет азимут для $\delta = 17^{\circ}$ ($145,7^{\circ} > 144,8^{\circ}$). Если значение его ($145,7^{\circ}$) будет больше значения A_T ($144,8^{\circ}$), как в нашем примере, – то знак ΔA_{δ} – «плюс»; если меньше – «минус».

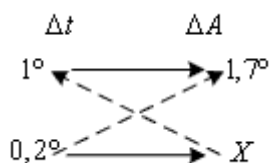
Знак «+» вписываем в схему вычислений.

8. Определяем знак и величину поправки ΔA_t . Так как в нашем примере $t_{зад} > t_T$, то смотрим, какое значение имеет азимут для $t = 18^{\circ}$ ($143,1^{\circ} < 144,8^{\circ}$). Если значение его будет больше A_T – знак «плюс», если меньше (как в нашем примере) – «минус».

Величина поправки ΔA_t определяется интерполированием азимута по часовому углу.

Для нашего примера: при изменении часового угла на 1° ($17^{\circ} \rightarrow 18^{\circ}$), азимут изменяется на $1,7^{\circ}$ ($144,8^{\circ} \rightarrow 143,1^{\circ}$). Необходимо определить, на какую величину изменится азимут при изменении часового угла на величину $\Delta t = 12,4' \approx 0,2^{\circ}$.

Составим соотношение:



$$X = \frac{0,2 \cdot 1,7}{1} = 0,34^{\circ} \approx 0,3^{\circ}$$

и решим его:

Таким образом: $\Delta A_t = -0,3^{\circ}$ вписываем в схему вычислений.

III этап – выбор данных из таблицы 6.1 (Т.1 с.243).

А. Выбор поправок Δh_φ и ΔA_φ

9. Определяем диапазон высот, в который входит значение $h_T = 61^\circ 09,2'$, выбранное из основных таблиц. По диапазону высоты ($59-64^\circ$) открываем таблицу 1 на с. 260.
10. По значению $\Delta\varphi (+20,6')$ определяем разворот таблицы 1 (с. 262÷263).
11. По значению азимута, округленного до целого градуса (145°), определяем страницу, в которой будем выбирать значение Δh_φ и ΔA_φ (с. 263).

Таблица 6.1 – Поправки высоты и азимута за широту и склонение (с. 244÷275 ВАС-58) (с. 263, том III).

| A или q | $\Delta\varphi$ или $\Delta\delta$ | | | | | | | | | | | Десятые доли минуты | | | | | |
|---------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|-----|---|---|------------|--------------------|-------------------|-----|---|---------------------|------|-----|------|-------|-----------------------|
| | +16' | | | ... | | | +20' | | | ... | | | 0,1' | ... | 0,6' | ... | |
| | Δh | ΔA_φ | ΔA_δ | . | . | . | Δh | ΔA_φ | ΔA_δ | . | . | . | | | | | |
| 90° | | | | | | | - | | | | | | | | | ↓ | |
| . | | | | | | | ↑ | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | знак | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | ↑ | | | | | | | | | ↓ | |
| 144 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | ⇒ | | ⇒ | | | ⇒ | 16,4' | 0,4° | 0,4° | | | | | | | +0,5' | |
| ↑ | | | | | | | | | | | | | | | | | только для Δh |

12. По значению $\Delta\varphi = 20,6'$ и $A_T = 145^\circ$ выбираем значение Δh_φ и ΔA_φ . Так как значение $\Delta\varphi$ имеет знак «плюс», входим в таблицу сверху по $\Delta\varphi = +20'$ и слева по $A_T = 145^\circ$.

(Если $\Delta\varphi$ имеет знак «минус» – вход в Т1 снизу по $\Delta\varphi$ и справа по A_T).

$\Delta h_\varphi = -16,4'$ (для $\Delta\varphi = +20'$) и еще «-0,5'» (для $\Delta\varphi = 0,6'$).

Таким образом: $\Delta h_\varphi = -16,9'$ и $\Delta A_\varphi = 0,4^\circ$.

Знак ΔA_φ всегда одинаков со знаком $\Delta\varphi$. Вписываем найденные значения в схему вычислений.

Б. Выбор Δh_δ и ΔA_δ

13. Так как диапазон высоты ($59-64^\circ$) прежний, открываем таблицу 1 на с. 260.
14. По значению $\Delta\delta (-23,3')$ определяем разворот табл. 1 → с. 262÷263.
15. По значению параллактического угла q (26°) определяем страницу, с которой будем выбирать значения Δh_δ и ΔA_δ (с. 263).

Так как $\Delta\delta (-23,3')$ отрицательна, то вход по $\Delta\delta$ снизу, а по q – справа.

Таблица 6.2 – Поправки высоты и азимута за широту и склонение (с. 244÷275 ВАС-58) (с. 263)

| A или q | $\Delta\varphi$ или $\Delta\delta$ | | | | | | | | | | | Десятые доли минуты | | | | |
|---------------|------------------------------------|------------|--------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------|-----|---------------------|------|------|------|-----|
| | ... | +22' | | | +23' | | | +24' | | | ... | 0,1' | ... | 0,3' | ... | |
| | | Δh | ΔA_φ | ΔA_δ | Δh | ΔA_φ | ΔA_δ | Δh | ΔA_φ | ΔA_δ | | | | | | |
| 90° | | | | | | | | | | | 90° | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | . | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | . | | | | | |
| . | | | | | 20,7 | 0,3° | 0,4° | ← | ← | ← | ← | 26° | ... | ... | 0,3' | ... |
| . | | | | | | | | | | | . | | | | | |
| . | | | | | ↓ | ↑ | | | | | ↑ | | | | ↑ | |
| 180 | | | | | - | | | | | | 00 | | | | | |
| | ... | -22' | | | -23' | | | -24' | | | ← | A или q | 0,1' | ... | 0,3' | ... |

(Если $\Delta\delta$ имеет знак «плюс» → вход по $\Delta\delta$ сверху, а по q – слева).

$\Delta h_\delta = -20,7'$ (для $\Delta\delta = -23'$) и еще « $-0,3'$ » (для $\Delta\delta = 0,3'$).

Таким образом: $\Delta h_\delta = -21,0'$ и $\Delta A_\delta = +0,4^\circ$.

Знак «плюс» величины ΔA_δ определен ранее по основным таблицам.

16. Вписываем найденные значения $\Delta h_\delta (-21,0')$ и $\Delta A_\delta (+0,4^\circ)$ в схему вычислений.

IV этап – выбор данных из таблицы 6.2 (с. 277).

17. Определяем диапазон широт, в который входит значение счислимой широты $\varphi_C = 43^\circ 20,6'$ – ($40^\circ \div 44^\circ$) и открываем таблицу 2 «ВАС-58» (III том) на с. 278.

18. По значению $\Delta t (+12,4')$ определяем разворот табл. 2 – с. 278÷279.

19. По значению счислимго азимута $A_C = A_T + \Delta A_\varphi + \Delta A_\delta + \Delta A_t = 145,3^\circ$ определяем страницу, с которой будем выбирать значение Δh_t (с. 279).

Таблица 6.3 – Поправка высоты за часовой угол (с. 278÷293 ВАС-58 том III)

(с. 279) $\varphi = 40^\circ \div 44^\circ$

| φ | | | Δt | | | Десятые доли минуты | | | |
|-----------|----------------|-----|--------------|--------|-----|---------------------|-----|--------|-----|
| ... | $43^\circ 15'$ | ... | ... | $12'$ | ... | $0,1'$ | ... | $0,4'$ | ... |
| A_C | | | Δh_t | | | | | | |
| | ↓ | | | ↓ | | | | ↓ | |
| | $145,7^\circ$ | → | → | $4,9'$ | → | → | → | $0,2'$ | |
| ... | $43^\circ 15'$ | ... | ... | $12'$ | ... | $0,1'$ | ... | $0,4'$ | ... |

20. По значению широты $\varphi (43^\circ 15')$ ближайшей к заданной (счислимой) определяем колонку, в которой значение азимута ($145,7^\circ$), ближайшего к счислимому, укажет строку, в которой находится искомая поправка $\Delta h_t (4,9')$.

21. В пересечении найденной строки с колонкой, соответствующей значению Δt (целые минуты), находим: $\Delta h_t = 4,9'$ (для $\Delta t = 12'$) и еще $0,2'$ (для $\Delta t = 0,4'$).

Таким образом: $\Delta h_t = -5,1'$.

Знак Δh_t всегда противоположен знаку Δt .

22. Вписываем найденное значение $\Delta h_t (-5,1')$ в схему вычислений.

V этап – выбор данных из таблицы 6.3.

В таблицу 6.3 следует входить при условии, что значение ΔA_δ превышает величину $\pm 0,2^\circ$. Если ΔA_δ имеет знак «плюс» – вход в таблицу 6.3 по ΔA_δ сверху, а по A_C – слева.

Если ΔA_δ имеет знак «минус» – вход в таблицу 6.3 по ΔA_δ снизу, а по A_C – справа.

Для определения значения дополнительной поправки высоты Δh_δ необходимо:

23. По знаку «+» ΔA_δ определить сторону входа в таблицу 6.3 «ВАС-58» (с. 294) – сверху по ΔA_δ и слева по A_C .

24. По значению азимута (143°) ближайшего к счислимому ($145,3^\circ$) найти колонку, в которой значение $\Delta\varphi (+20')$, ближайшее к фактическому его значению ($+20,6'$), укажет строку, в которой находится искомое значение поправки $\Delta h_\delta = -0,1'$.

25. В пересечении найденной строки с колонкой, соответствующей значению $\Delta A_\delta (+0,4^\circ)$, найти искомое значение $\Delta h_\delta = -0,1'$ и вписать его в схему вычислений.

Таблица 6.4 – Дополнительная поправка высоты (с. 294 ВАС-58 том III)

| A | | | | ΔA _δ | | | | Δφ |
|------|-----|------|-----|-----------------|-----|-------|-----|--------------|
| 0° | ... | 37° | ... | +0,2° | ... | +0,4° | ... | |
| 180° | ... | 143° | ... | | | | | |
| Δφ | | ↓ | | | | ↓ | | |
| | | +20' | ⇒ | ⇒ | ⇒ | -0,1' | | |
| | | | | -0,2° | ... | -0,4° | ... | 90° ... 0° |
| | | | | | | | | 90° ... 180° |
| | | | | ΔA _δ | | | | A |

VI этап – расчет счислимой высоты.

26. Находим сумму всех поправок высоты:

$$\Sigma \Delta h = \Delta h_{\varphi} + \Delta h_{\delta} + \Delta h_t + \Delta h_{\delta} = -16,9' + (-21,0') + (-5,1') + (-0,1') = -43,1'$$

27. Полученное значение $-43,1'$ вписываем в схему вычислений и рассчитываем значение счислимой высоты светила:

$$h_C = h_T + \Sigma \Delta h = 61^{\circ}09,2' + (-43,1') = 60^{\circ}26,1'$$

28. Находим сумму всех поправок азимута:

$$\Sigma \Delta A = +0,4^{\circ} + 0,4^{\circ} - 0,3^{\circ} = +0,5^{\circ}$$

и рассчитываем значение счислимого азимута светила:

$$A_C = A_T + \Sigma \Delta A = 144,8^{\circ} + 0,5^{\circ} = 145,3^{\circ}$$

29. Определяем наименование счислимого азимута A_C :

- первая буква наименования азимута всегда одноименна с широтой (N);
- вторая буква наименования азимута всегда одноименна с практическим часовым углом (W).

В нашем примере: $A_C = N145,3^{\circ}W$.

Ответ: $h_C = 60^{\circ}26,1'$; $A_C = N145,3^{\circ}W$.

Примечание:

Если одновременно с измерением высоты был измерен и компасный пеленг на светило (например $214,2^{\circ}$), с целью определения поправки курсоуказателя, то для расчета ΔK счислимый азимут должен быть в круговом счете, то есть (для нашего примера): $A_{СКР} = 360^{\circ} - 145,3^{\circ} = 214,7^{\circ}$, тогда $\Delta K = A_{СКР} - КП(214,2^{\circ}) = +0,5^{\circ}$.

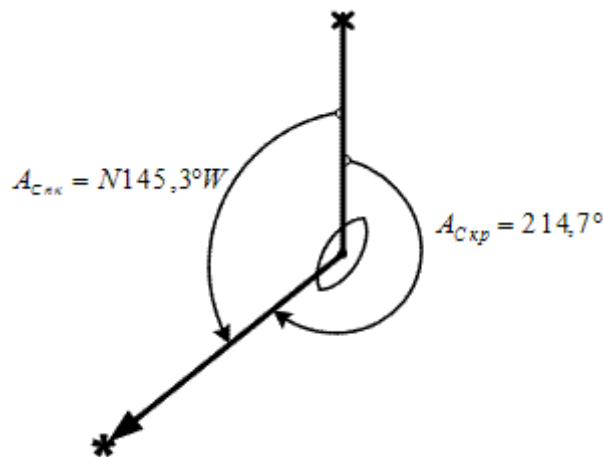


Рис. 6.5. Перевод азимута в круговую систему счета

6.4.3. Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ВАС-58» (т. IV).

| № п/п | Условие | | | Ответ | |
|-------|-------------|-----------|------------|----------|----------|
| | φ_c | δ | t_M | A_c | h_c |
| 1 | 69°25,7'N | 61°54,8'N | 76°16,2'W | N65,9°W | 59°54,7' |
| 2 | 69°25,7'N | 19°19,9'N | 28°26,8'W | N145,8°W | 36°58,5' |
| 3 | 63°24,0'N | 8°12,9'S | 19°37,8'E | N159,7°E | 16°50,2' |
| 4 | 63°24,0'N | 5°15,9'S | 1°17,2'W | N178,6°W | 21°19,7' |
| 5 | 70°18,2'N | 45°03,0'N | 25°22,5'E | N140,1°E | 61°49,2' |
| 6 | 70°18,2'N | 56°22,4'N | 97°51,4'E | N57,3°E | 49°19,5' |
| 7 | 63°45,7'N | 8°35,7'S | 13°45,4'W | N165,8°W | 16°53,5' |
| 8 | 63°45,7'N | 1°12,4'S | 33°12,8'E | N144,2°E | 20°32,6' |
| 9 | 69°30,2'N | 61°54,8'N | 92°44,6'W | N54,9°W | 54°55,9' |
| 10 | 69°30,2'N | 26°48,5'N | 26°09,1'W | N146,4°W | 44°40,0' |
| 11 | 64°17,0'N | 1°12,4'S | 7°45,8'E | N171,5°E | 24°15,6' |
| 12 | 64°17,0'N | 9°19,8'S | 27°41,3'W | N151,9°W | 13°28,7' |
| 13 | 69°22,7'N | 38°44,9'N | 15°59,8'E | N155,9°E | 58°11,6' |
| 14 | 69°22,7'N | 56°22,4'N | 105°59,3'E | N50,7°E | 46°31,0' |
| 15 | 64°32,3'N | 0°48,1'S | 47°14,4'E | N130,1°E | 16°12,8' |
| 16 | 64°32,3'N | 8°32,5'S | 3°12,5'W | N176,7°W | 16°52,8' |
| 17 | 69°37,8'N | 12°06,7'N | 38°48,1'E | N136,3°E | 27°30,6' |
| 18 | 69°37,8'N | 74°16,3'N | 109°15,8'E | N31,3°E | 60°36,2' |
| 19 | 65°37,8'N | 4°13,6'S | 16°22,6'W | N162,7°W | 19°07,7' |
| 20 | 65°37,8'N | 5°17,3'S | 41°21,1'E | N137,5°E | 12°58,3' |
| 21 | 69°37,8'N | 56°22,4'N | 104°12,1'W | N52,2°W | 47°09,9' |
| 22 | 69°37,8'N | 44°57,1'N | 25°05,1'W | N139,8°W | 62°18,3' |
| 23 | 65°21,8'N | 4°07,2'S | 21°31,4'W | N157,3°W | 18°45,2' |
| 24 | 65°21,8'N | 7°36,3'S | 12°13,5'E | N167,4°E | 16°28,3' |
| 25 | 69°29,5'N | 8°31,8'S | 5°55,2'E | N173,8°E | 11°52,3' |
| 26 | 69°29,5'N | 26°48,5'N | 97°13,9'E | N73,6°E | 22°31,3' |
| 27 | 66°07,9'N | 12°01,4'S | 2°27,8'E | N177,5°E | 11°49,4' |
| 28 | 66°07,9'N | 3°28,3'S | 12°47,2'W | N166,4°W | 19°47,1' |
| 29 | 69°29,5'N | 45°58,5'N | 56°27,4'W | N100,5°W | 53°54,1' |
| 30 | 66°34,0'N | 8°11,6'S | 17°24,4'W | N162,2°W | 14°10,3' |

Выводы

- Параллактический треугольник светила связывает небесные координаты – горизонтные (h и A) и экваториальные (δ и t) – с географическими координатами (φ и λ) наблюдателя.
- Для расчета горизонтных координат светила используют формулы сферической тригонометрии:
 - формулу косинуса стороны;
 - формулу косинуса угла;
 - формулу синусов сторон и углов;
 - формулу котангенсов.
- Горизонтные координаты светила рассчитывают:
 - по таблицам логарифмических функций «МТ-75»;
 - по таблицам для вычисления высоты и азимута «ТВА-57» («ТВА-52»);
 - по таблицам «Высоты и азимута светил» («ВАС-58»);
 - с помощью программированных микрокалькуляторов и ПК.

ГЛАВА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА ПО НЕБЕСНЫМ СВЕТИЛАМ. ОСВЕЩЕННОСТЬ МОРСКОГО ГОРИЗОНТА

7.1. Определение поправки компаса по небесным светилам

7.1.1. Общие положения

Точность счисления пути судна во многом зависит от точности работы курсоуказателя (компаса), от знания и учета значения его фактической поправки (ΔK).

Поправка курсоуказателя (ΔK) величина не постоянная и меняется со временем по разным причинам, что вызывает необходимость систематического ее определения и уточнения в процессе плавания судна.

При стоянке судна в порту или плавании его в видимости береговых ориентиров есть достаточно много, сравнительно точных и несложных в исполнении, способов определения поправки курсоуказателя. А вот при плавании судна в открытом море, ΔK можно определить только по небесным светилам, то есть астрономическими способами.

Астрономические способы определения поправки курсоуказателя, независимо от места нахождения судна, являются самыми точными и самыми надежными, а зачастую и единственно возможными. Астрономические способы определения ΔK (как и навигационные) основаны на сравнении истинных (ИП) и компасных (КП) направлений на ориентиры (небесные светила), то есть:

$$\Delta K = ИП^* - КП^* = A_{KP}^* - КП^*, \quad (7.1)$$

За истинное направление на любое (имеемое в МАЕ) светило в астрономии принимают азимут светила в круговом счете ($A_{KP}^* = ИП^*$), рассчитанный на момент измерения компасного пеленга ($КП^*$) по формулам, полученным из решения параллактического треугольника $P_N Z \sigma$ (рис. 7.1).

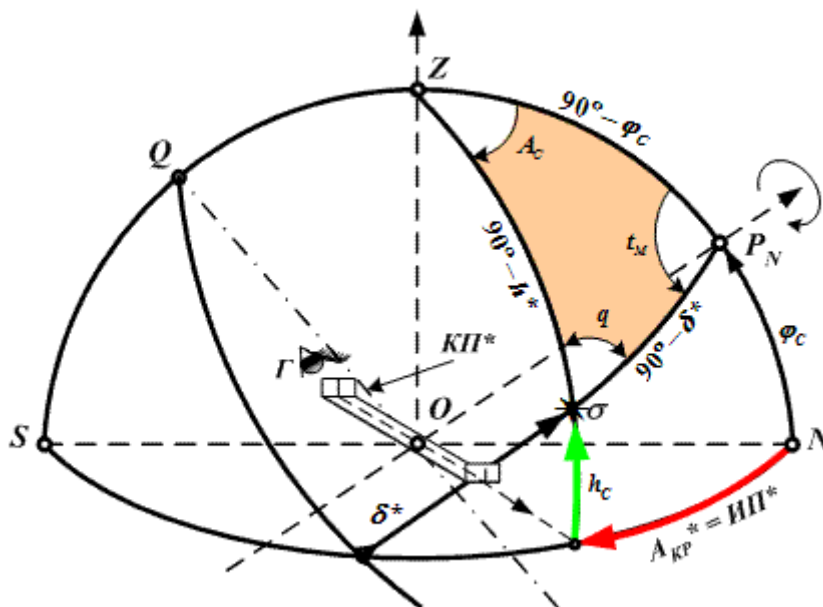


Рис. 7.1. Параллактический треугольник светила

$$ctg A_c = tg \delta \cdot \cos \varphi_c \cdot \operatorname{cosec} t_M - \sin \varphi_c - ctg t_M, \quad (7.2)$$

где A_c – азимут светила;

δ – склонение светила;

t_M – местный часовой угол светила;

$$t_M = t_{ГР} \pm \lambda_c E/W, \quad (7.3)$$

$\varphi_c(\lambda_c)$ – счислимая широта (долгота) с путевой навигационной карты на время замера компасного пеленга на светило;

$t_{ГР}$ – гринвичский часовой угол светила.

Таким образом, для расчета ΔK необходимо знать:

- счислимый азимут светила ($A_{СКР}$) в круговом счете;
- счислимые координаты (φ_c, λ_c), которые снимаются с путевой навигационной карты на время замера компасного пеленга на светило;
- экваториальные координаты светила (t_M, δ), которые определяются по дате и гринвичскому времени замера пеленга ($T_{ГР} = T + U_{ч}$) при помощи МАЕ текущего года.

Вывод: Для определения поправки курсоуказателя по небесным светилам наблюдателю достаточно знать счислимые координаты места судна, значение компасного пеленга на светило, дату и точное время момента снятия отсчета компасного пеленга на светило.

Примечание:

Для решения данной задачи подобранное и опознанное светило, для удобства снятия значения его компасного пеленга, подбирают ближе к линии горизонта с $h < 30^\circ$.

7.1.2. Определение поправки компаса по Полярной звезде

Полярная звезда ($\star \alpha$ Малой Медведицы) в своем суточном движении описывает на небесной сфере окружность малого сферического радиуса $R = \Delta$ ($\Delta_{max 2000z.} = 44,4'$) (рис. 7.2).

По этой причине азимут Полярной звезды в течении суток будет изменяться медленно и в малых пределах, как в сторону востока (E), так и в сторону запада (W), например:

- при $\varphi \leq 35^\circ N \rightarrow$ от $0,0^\circ$ до $0,9^\circ$;
- при $\varphi \leq 60^\circ N \rightarrow$ от $0,0^\circ$ до $1,5^\circ$;
- при $\varphi \leq 70^\circ N \rightarrow$ от $0,0^\circ$ до $2,2^\circ$;
- при $\varphi \geq 75^\circ N \rightarrow$ от $0,0^\circ$ до $2,7^\circ$.

Все это позволяет значительно упростить вычисление азимута этой звезды без значительной потери точности результатов.

Специальная таблица (с. 276 МАЕ) позволяет определить азимут Полярной звезды для наблюдателя, находящегося в диапазоне северных широт от 5° до 70° с точностью $\pm 0,1^\circ$. Эта таблица рассчитана по формуле:

$$A = A \cdot \sec \varphi \cdot \sin(t_M \text{ } \heartsuit + \tau^*), \quad (7.4)$$

Аргументами для входа в таблицу «Азимут Полярной» служат:

- местное звездное время (местный часовой угол точки Овна) $t_M \text{ } \heartsuit = t_{ГР} \text{ } \heartsuit \pm \lambda_c E/W$, округленное до целого градуса;
- широта места наблюдателя (судна), округленная до числа кратного 5° .

Так как азимут Полярной изменяется очень медленно, то для получения его значения с точностью $\pm 0,1^\circ$ достаточно знать время замера компасного пеленга звезды Полярная с точностью ± 5 мин. (и даже ± 10 мин.).

Азимут Полярной звезды может иметь наименование $NW \rightarrow$ если аргумент $t_M \text{ } \heartsuit$ находится слева; или $NE \rightarrow$ если аргумент $t_M \text{ } \heartsuit$ находится справа (см. Приложение 3).

Для перехода к круговому счету азимута необходимо:

- если наименование $NE \rightarrow$ отбросить наименование, например $2,3^\circ NE \sim 2,3^\circ (A_{КР})$;
- если наименование $NW \rightarrow$ отбросить наименование, а оставшееся число вычесть из 360° , например $2,0^\circ NW \sim 358,0^\circ (A_{КР})$.

Простота вычислений и, достаточно высокая точность полученного по таблице «Азимут Полярной» значения азимута этой звезды, позволяют считать Полярную звезду главным объектом для определения поправки курсоуказателя (ΔK) при плавании в северных широтах (особенно, в широтах $5 \div 40^\circ N$).

Примечание: Подобная таблица «Азимут Полярной» приведена в «МТ-2000» на с. 371.

Задача: 10 июня 2000г., находясь в точке: $\varphi_c = 43^\circ 30' N$, $\lambda_c = 37^\circ 20' E$, измерили компасный пеленг на Полярную звезду ($KП^* = 359,0^\circ$). Судовое время замера пеленга $T_c \approx 4ч 30м$ (часы на судне по времени часового пояса № 4E). Определить поправку курсоуказателя (ΔK).

Решение:

1. Рассчитываем Гринвичское время замера пеленга:

$$T_{ГР} = T_c \mp \lambda E/W = 4.30 - 4 = 0ч 30м.$$

2. Из ЕТ МАЕ-2000г. (с. 132) выбираем значение табличного гринвичского часового угла точки Овна $t_{ГР}^\Upsilon$ на 0ч $T_{ГР} \rightarrow$ см. Приложение 1:

$$10.06.2000. \rightarrow t_{ГР}^\Upsilon = 258^\circ 39,2'$$

3. Из ОИТ МАЕ (с. 305) выбираем значение $\Delta_1 t^\Upsilon$ на 30м00с $T_{ГР}$ для точки Овна \rightarrow см. Приложение 8:

$$\Delta_1 t^\Upsilon = 7^\circ 31,2'$$

4. Рассчитываем значение гринвичского часового угла точки Овна на время замера пеленга: $t_{ГР}^\Upsilon = t_{ГР}^\Upsilon + \Delta_1 t^\Upsilon$:

$$t_{ГР}^\Upsilon = 258^\circ 39,2' + 7^\circ 31,2' = 266^\circ 10,4'$$

5. Рассчитываем местный часовой угол точки Овна по формуле $t_M^\Upsilon = t_{ГР}^\Upsilon \pm \lambda_c E/W$:

$$t_M^\Upsilon = 266^\circ 10,4' + 37^\circ 20,0' = 303^\circ 30,4' \approx 303,5^\circ$$

6. Определяем значение азимута Полярной звезды:

- на 10.06.2000 г. по $t_M^\Upsilon = 303,5^\circ$ и $\varphi_c \approx 43^\circ 30' N$ из таблицы «Азимут Полярной» (с. 276 МАЕ) $\rightarrow 1,0^\circ NE = 1,0^\circ \rightarrow$ см. Приложение 3.

7. Рассчитываем поправку курсоуказателя (ΔK) по формуле:

$$\Delta K = A_{КР}^*(ИП^*) - КП^* = 1,0^\circ (361,0^\circ) - 359,0^\circ = +2,0^\circ.$$

Ответ: $\Delta K = +2,0^\circ$.

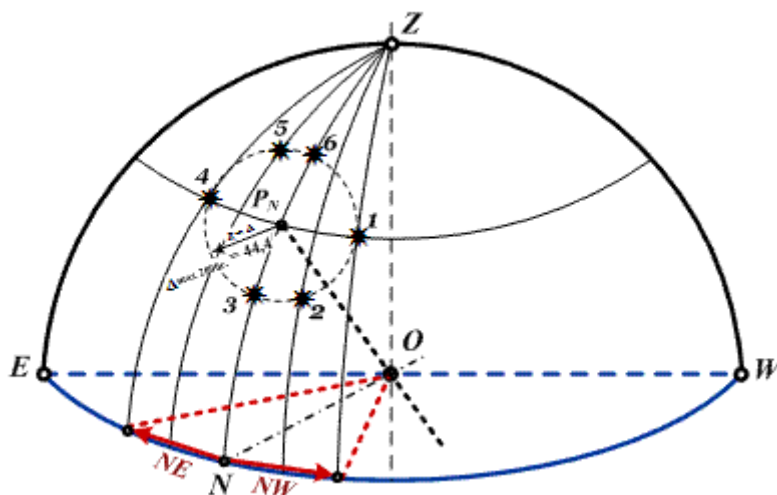


Рис. 7.2. Суточное движение Полярной звезды

1. От поз. 1 до поз. 4 азимут Полярной изменяется к востоку (E).
2. От поз. 4 до поз. 1 азимут Полярной изменяется к западу (W).
3. От поз. 3 до поз. 6 азимут Полярной имеет наименование NE.

4. От поз. 6 до поз. 3 азимут Полярной имеет наименование *NW*.
5. В поз. 3 и в поз. 6 азимут Полярной равен нулю.
6. В поз. 1 и в поз. 4 азимут Полярной имеет наибольшее значение.

7.1.3. Упрощенный способ определения ΔK по Полярной звезде

Для определения поправки курсоуказателя по Полярной звезде с погрешностью $\pm 0,5^\circ$ применяют более простой способ (рис. 7.3).

1. Если $\star \epsilon$ Кассиопеи (Сегин) и $\star \eta$ Большой Медведицы (Бенетнаш) наблюдаются на одном вертикале с Полярной звездой, то азимут последней $A_{KP}^* = 0^\circ(N)$.
2. Если $\star \epsilon$ Кассиопеи (Сегин) расположена влево от Полярной звезды, то азимут последней $A_{KP}^* = 359^\circ$ в $\varphi = 45^\circ N$ (и $A_{KP}^* \approx 358,5^\circ$ в $\varphi = 60^\circ N$) и $A_{KP}^* \approx 358,0^\circ$ в $\varphi = 70^\circ N$.
3. Если $\star \epsilon$ Кассиопеи (Сегин) расположена вправо от Полярной звезды, то азимут последней $A_{KP}^* = 1^\circ$ в $\varphi \approx 45^\circ$ (и $A_{KP}^* \approx 1,5^\circ$ в $\varphi = 60^\circ N$), и $A_{KP}^* = 2,0^\circ$ в $\varphi = 70^\circ N$.

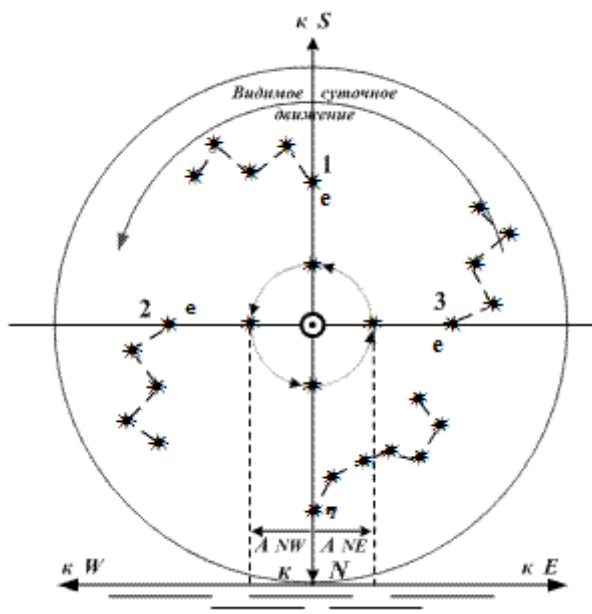


Рис. 7.3. Упрощенный способ определения ΔK по Полярной

Если в указанных случаях измерить компасный пеленг на Полярную звезду, то поправку курсоуказателя можно рассчитать как:

1. $\Delta K = 0^\circ(360^\circ) - КП^*$.
2. $\Delta K = 359^\circ - КП^*$, если $\varphi_c < 45^\circ N$;

$$\Delta K = 358,5^\circ - КП^*, \text{ если } \varphi_c = 60^\circ N;$$

$$\Delta K = 358^\circ - КП^*, \text{ если } \varphi_c = 70^\circ N.$$

3. $\Delta K = 1^\circ(361^\circ) - КП^*$, если $\varphi_c \approx 45^\circ N$;

$$\Delta K = 1,5^\circ(361,5^\circ) - КП^*, \text{ если } \varphi_c = 60^\circ N;$$

$$\Delta K = 2^\circ(362^\circ) - КП^*, \text{ если } \varphi_c \approx 70^\circ N.$$

7.1.4. Определение поправки компаса по видимому восходу (заходу) Солнца с использованием Мореходных таблиц

Таблицы 20а, 20б «МТ-75» (с. 235-242) содержат азимуты Солнца (A) полукругового счета на моменты появления или скрытия его верхнего края на линии видимого горизонта с высоты глаза наблюдателя $e = 12м$.

Способ определения ΔK путем пеленгования появления (скрытия) верхнего края Солнца в моменты его восхода или захода является приближенным, особенно в высоких широтах.

Входными аргументами для входа в таблицу 20 «МТ-75» являются (см. Приложение 14):

- счислимая широта (φ_c), округленная до целого градуса:
 - $\varphi_c = 0^\circ \div 20^\circ \rightarrow$ через 5° ;
 - $\varphi_c = 20^\circ \div 30^\circ \rightarrow$ через 2° ;
 - $\varphi_c = 30^\circ \div 62^\circ \rightarrow$ через 1° ;
 - $\varphi_c = 62^\circ \div 72^\circ \rightarrow$ через $0,5^\circ$.
- склонение Солнца (δ_\odot), округленного до полуградуса.

Выбранному по аргументам φ_c и δ_\odot , табличному значению Азимута ($A_{\odot}^{\hat{\odot}}$), следует приписывать наименование:

- первая буква наименования азимута одноименна с широтой;
- вторая буква наименования азимута $\rightarrow E$ – при восходе и W – при заходе.

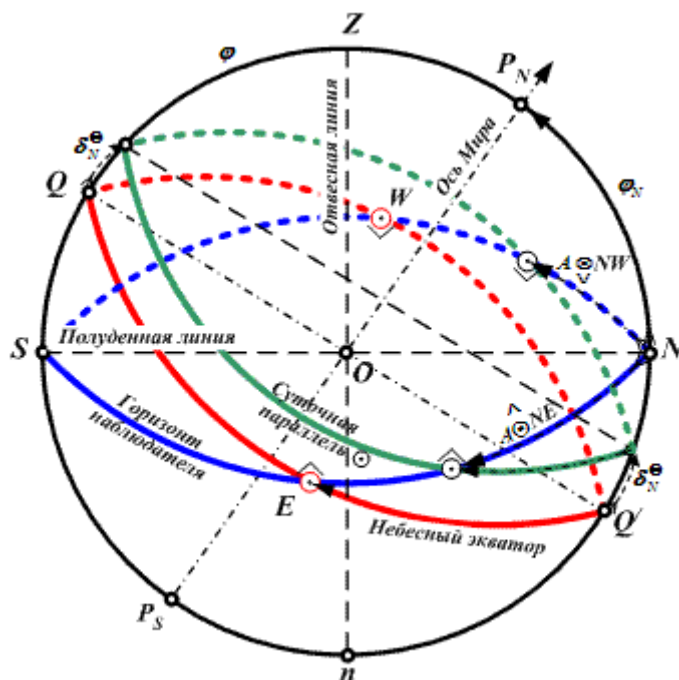


Рис. 7.4. Суточное движение Солнца

Задача: 10 июня 2000 г. находясь в точке с координатами $\varphi_c = 43^\circ 30' N$ и $\lambda_c = 37^\circ 20' E$ измерили компасный пеленг на верхний край восходящего Солнца ($KП_{\odot}^{\hat{\odot}} = 57,3^\circ$). Время замера пеленга $T_c = 5ч 44м$ (часы поставлены по 4E часовому поясу). Определить поправку курсоуказателя (ΔK).

Решение:

1. Рассчитываем Гринвичское время замера пеленга по формуле:

$$T_{GP} = T_c \mp N E/W = 5ч 44м - 4 = 1ч 44м.$$

2. Из ежедневных таблиц МАЕ (с. 132) по дате наблюдения (10.06) и гринвичскому времени замера пеленга ($\sim 2ч$) выбираем значение склонения Солнца ($\delta_\odot = 23^\circ 01,4' N \approx 23^\circ N$). Склонение Солнца одноименно с широтой (табл. 20a, при разноименных – 20б). \rightarrow см. Приложение 1.
3. Из таблицы 20a «МТ-75» (с. 237) по значению счислимой широты ($43^\circ 30'$) и значению склонения Солнца ($23^\circ N$) выбираем значение его азимута (см. Приложение 14):
 - на $\varphi_c = 43^\circ - A_{\odot}^{\hat{\odot}} = 56,6^\circ$;
 - на $\varphi_c = 44^\circ - A_{\odot}^{\hat{\odot}} = 56,0^\circ$; значит, для $\varphi_c = 43^\circ 30' N \rightarrow A_{\odot}^{\hat{\odot}} = N56,3^\circ E$, т.е. $A_{KP}^{\hat{\odot}}(III) = 56,3^\circ$.
4. Рассчитываем значение поправки курсоуказателя по формуле:

$$\Delta K = A_{KP}^{\odot}(ИП) - КП^{\odot} = 56,3^{\circ} - 57,3^{\circ} = -1,0^{\circ}.$$

Ответ: $\Delta K = -1,0^{\circ}$.

Примечание: Если на судне нет «МТ-75», но в наличии «МТ-2000», то:

1. – для расчета ΔK по видимому восходу (заходу) Солнца следует пеленговать не верхний, а его нижний край. Значение $A^{\odot}(ИП)$ в этом случае выбирается из таблицы 3.37 (с. 379). МТ - 2000.
2. – если пеленговался верхний край Солнца, то значения $A^{\odot}(ИП)$, выбранные из таблицы 3.37 следует исправить поправкой (она всегда отрицательна), выбранной из таблицы 3.38 «МТ-2000» на с. 380.
3. – значение азимута **истинного восхода и захода** любого светила (и Солнца в том числе) с точностью $\pm 0,5^{\circ}$ можно определить с помощью специальной номограммы → см. Приложение 13.

Например: 1) для $\varphi = 50^{\circ}N$ и $\delta = 20^{\circ}N$: $A^{\odot} \approx N58^{\circ}E \approx 58^{\circ}$.

$$A^{\ominus} \approx N58^{\circ}W \approx 302^{\circ}.$$

2) для $\varphi = 50^{\circ}N$ и $\delta = 20^{\circ}S$: $A^{\odot} = N122^{\circ}E = 122^{\circ}$.

$$A^{\ominus} \approx N122^{\circ}W \approx 238^{\circ}.$$

7.1.5. Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по небесным светилам

А. Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по звезде

| | Условие | | | | | | | Ответ | |
|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|----------|---------------|--------|--------|------------|
| | Дата | φ_c | λ_c | Звезда | T_{CP} | U_{φ} | $KП^*$ | ИП | ΔK |
| 1 | 1.06.2000. | 42°12,0'N | 36°15,0'E | α Змееносца | 20-28-18 | -3-00-06 | 88,0° | 90,5° | +2,5° |
| 2 | 2.06.2000. | 42°18,0'N | 36°20,0'E | α Лиры | 20-30-42 | -3-00-04 | 62,4° | 59,9° | -2,5° |
| 3 | 3.06.2000. | 42°24,0'N | 36°36,0'E | α Девы | 20-34-18 | -3-00-14 | 166,4° | 169,4° | +3,0° |
| 4 | 4.06.2000. | 42°30,0'N | 36°44,0'E | γ Льва | 20-34-18 | -3-00-08 | 250,4° | 247,4° | -3,0° |
| 5 | 5.06.2000. | 42°36,0'N | 36°33,0'E | β Весов | 20-38-00 | -3-00-18 | 137,3° | 140,8° | +3,5° |
| 6 | 6.06.2000. | 42°40,0'N | 36°48,0'E | α Лиры | 20-41-54 | -3-01-14 | 67,0° | 63,5° | -3,5° |
| 7 | 7.06.2000. | 42°48,0'N | 36°52,0'E | α Льва | 20-44-18 | -3-01-02 | 243,2° | 247,2° | +4,0° |
| 8 | 8.06.2000. | 42°52,0'N | 36°56,0'E | α Цефея | 20-44-18 | -3-00-18 | 30,5° | 26,5° | -4,0° |
| 9 | 9.06.2000. | 42°58,0'N | 37°07,0'E | β Льва | 20-49-24 | -3-01-03 | 220,6° | 225,1° | +4,5° |
| 10 | 10.06.2000. | 43°00,0'N | 37°12,0'E | α Змееносца | 20-50-36 | -3-00-12 | 107,0° | 102,0° | -5,0° |
| 11 | 11.06.2000. | 42°06,0'N | 37°17,0'E | α Льва | 20-28-10 | -3-01-10 | 245,0° | 248,0° | +3,0° |
| 12 | 12.06.2000. | 42°12,0'N | 37°27,0'E | α Лиры | 20-32-42 | -3-01-02 | 70,2° | 56,2° | -5,0° |
| 13 | 13.06.2000. | 42°25,0'N | 37°37,0'E | α Цефея | 20-34-24 | -3-00-24 | 23,0° | 27,5° | +4,5° |
| 14 | 14.06.2000. | 42°32,0'N | 37°17,0'E | β Весов | 20-40-36 | -3-01-06 | 155,8° | 151,2° | -4,5° |
| 15 | 15.06.2000. | 42°44,0'N | 37°07,0'E | α Девы | 20-42-18 | -3-00-18 | 182,8° | 186,8° | +4,0° |
| 16 | 16.06.2000. | 42°12,0'N | 26°10,0'W | α Змееносца | 19-38-10 | +2-00-20 | 104,8° | 101,3° | -3,5° |
| 17 | 17.06.2000. | 42°24,0'N | 26°30,0'W | α Лиры | 19-41-30 | +2-00-15 | 63,6° | 67,1° | +3,5° |
| 18 | 18.06.2000. | 42°36,0'N | 26°50,0'W | γ Дракона | 19-44-50 | +2-00-40 | 58,4° | 55,4° | -3,0° |
| 19 | 19.06.2000. | 42°48,0'N | 27°10,0'W | γ Льва | 19-46-50 | +2-00-10 | 256,8° | 259,8° | +3,0° |
| 20 | 20.06.2000. | 42°50,0'N | 27°30,0'W | α Льва | 19-50-07 | +2-00-13 | 258,4° | 255,9° | -2,5° |
| 21 | 21.06.2000. | 43°20,0'N | 27°45,0'W | α Лиры | 19-56-15 | +2-00-15 | 68,3° | 70,8° | +2,5° |
| 22 | 22.06.2000. | 43°30,0'N | 27°55,0'W | α Льва | 19-59-47 | +2-00-03 | 260,6° | 258,6° | -2,0° |

| | | | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|-----------|------------------|----------|----------|--------|--------|-------|
| 23 | 23.06.2000. | 43°30,0'N | 27°27,0'W | α Цефея | 20-00-12 | +2-00-08 | 29,6° | 31,6° | +2,0° |
| 24 | 24.06.2000. | 43°40,0'N | 27°15,0'W | γ Лебедея | 20-04-50 | +2-01-00 | 61,0° | 59,5° | -1,5° |
| 25 | 25.06.2000. | 42°30,0'N | 26°50,0'W | β Весов | 20-08-15 | +2-01-15 | 166,9° | 168,4° | +1,5° |
| 26 | 26.06.2000. | 42°10,0'N | 26°15,0'W | α Льва | 20-10-05 | +2-00-25 | 266,3° | 265,3° | -1,0° |
| 27 | 27.06.2000. | 42°18,0'N | 25°45,0'W | α Лиры | 20-14-50 | +2-01-05 | 74,9° | 75,9° | +1,0° |
| 28 | 28.06.2000. | 42°24,0'N | 25°30,0'W | γ Льва | 20-19-55 | +2-00-25 | 273,9° | 273,4° | -0,5° |
| 29 | 29.06.2000. | 42°25,0'N | 25°40,0'W | α Цефея | 20-20-16 | +2-01-14 | 34,2° | 34,7° | +0,5° |
| 30 | 30.06.2000. | 42°45,0'N | 25°16,0'W | α Девы | 20-25-37 | +2-00-23 | 215,0° | 213,5° | -1,5° |








Б. Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по Солнцу

| | Условие | | | | | | Ответ | |
|----|-------------|-------------|-------------|----------|----------|--------|--------|------------|
| | Дата | φ_c | λ_c | T_{CP} | U_C | $KП^*$ | $ИП$ | ΔK |
| 1 | 1.06.2000. | 42°36,0'N | 29°24,0'E | 13-25-37 | -3-59-16 | 156,2° | 158,2° | +2,0° |
| 2 | 2.06.2000. | 42°36,0'N | 29°33,0'E | 11-27-32 | -3-59-16 | 113,3° | 110,8° | -2,5° |
| 3 | 3.06.2000. | 42°36,0'N | 37°16,0'E | 14-34-45 | -3-01-05 | 239,4° | 241,9° | +2,5° |
| 4 | 4.06.2000. | 42°36,0'N | 37°22,0'E | 11-20-23 | -3-01-05 | 141,8° | 138,8° | -3,0° |
| 5 | 5.06.2000. | 42°36,0'N | 41°39,0'E | 15-52-18 | -3-00-52 | 261,2° | 264,2° | +3,0° |
| 6 | 6.06.2000. | 42°36,0'N | 41°39,0'W | 15-57-50 | +3-00-15 | 272,2° | 270,2° | -2,0° |
| 7 | 7.06.2000. | 42°36,0'N | 29°45,0'W | 12-38-22 | -2-58-29 | 162,6° | 166,6° | +4,0° |
| 8 | 8.06.2000. | 42°36,0'N | 18°51,0'W | 13-49-08 | +2-01-22 | 255,1° | 251,1° | -4,0° |
| 9 | 9.06.2000. | 42°48,0'N | 32°07,3'E | 08-21-37 | -3-01-31 | 83,3° | 86,8° | +3,5° |
| 10 | 10.06.2000. | 42°48,0'N | 32°26,9'E | 11-10-27 | -3-00-15 | 129,4° | 125,9° | -3,5° |
| 11 | 11.06.2000. | 42°48,0'N | 32°06,0'E | 08-17-48 | -3-01-27 | 82,9° | 85,9° | +3,0° |
| 12 | 12.06.2000. | 42°48,0'N | 32°41,4'E | 10-58-49 | -3-00-42 | 124,7° | 121,7° | -3,0° |
| 13 | 13.06.2000. | 42°48,0'N | 32°05,0'E | 08-05-16 | -3-00-27 | 81,4° | 83,9° | +2,5° |
| 14 | 14.06.2000. | 42°48,0'N | 32°04,7'E | 07-58-47 | -3-01-05 | 85,2° | 82,7° | -2,5° |
| 15 | 15.06.2000. | 42°48,0'N | 33°01,4'E | 10-48-56 | -3-00-45 | 117,0° | 118,5° | +1,5° |
| 16 | 16.06.2000. | 42°48,0'N | 32°04,6'E | 07-49-12 | -3-00-46 | 82,6° | 81,1° | -1,5° |
| 17 | 17.06.2000. | 42°48,0'N | 33°06,4'E | 10-17-48 | -2-58-29 | 108,4° | 110,4° | +2,0° |
| 18 | 18.06.2000. | 42°48,0'N | 32°03,7'E | 07-39-48 | -2-59-16 | 81,7° | 79,7° | -2,0° |
| 19 | 19.06.2000. | 42°48,0'N | 33°00,0'E | 10-26-34 | -3-00-52 | 110,6° | 111,6° | +1,0° |
| 20 | 20.06.2000. | 42°48,0'N | 33°04,0'E | 10-32-05 | -2-59-46 | 114,4° | 113,4° | -1,0° |
| 21 | 21.06.2000. | 42°48,0'N | 32°03,0'E | 07-37-48 | -3-00-32 | 78,6° | 79,1° | +0,5° |
| 22 | 22.06.2000. | 42°48,0'N | 32°46,0'E | 10-13-51 | -3-01-48 | 108,3° | 107,8° | -0,5° |
| 23 | 23.06.2000. | 42°48,0'N | 32°03,0'E | 07-22-56 | -3-00-37 | 76,7° | 76,7° | 0,0° |
| 24 | 24.06.2000. | 42°48,0'N | 32°06,0'E | 10-09-26 | -3-01-05 | 107,1° | 107,1° | 0,0° |
| 25 | 25.06.2000. | 42°36,0'N | 27°44,2'E | 17-54-56 | -2-00-19 | 288,0° | 285,0° | -3,0° |
| 26 | 26.06.2000. | 42°36,0'N | 27°41,0'E | 12-16-33 | -2-00-19 | 180,1° | 183,1° | +3,0° |
| 27 | 27.06.2000. | 42°36,0'N | 30°31,0'E | 11-27-32 | -2-58-45 | 132,0° | 128,0° | -4,0° |
| 28 | 28.06.2000. | 42°36,0'N | 31°28,0'E | 14-22-18 | -2-58-45 | 226,0° | 229,5° | +3,5° |
| 29 | 29.06.2000. | 42°36,0'N | 12°47,5'E | 16-35-31 | -0-59-37 | 275,9° | 272,4° | -3,5° |
| 30 | 30.06.2000. | 42°36,0'N | 12°56,4'E | 16-30-03 | -1-00-03 | 268,0° | 271,5° | +3,5° |

В. Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по звезде Полярная ($\varphi_c = 42^\circ 30,0'N$)

| | Условие | | | | | Ответ | |
|----|-------------|----------|---------------|-------------|--------|-------|------------|
| | Дата | T_{CP} | U_{φ} | λ_c | $KП$ | $ИП$ | ΔK |
| 1 | 1.06.2000. | 4·45·15 | -4·01·10 | 36°55,3'E | 2,0° | 1,0° | -1,0° |
| 2 | 2.06.2000. | 4·55·25 | -4·00·15 | 36°09,5'E | 0,0° | 1,0° | +1,0° |
| 3 | 3.06.2000. | 4·40·45 | -4·00·05 | 36°48,4'E | 3,0° | 1,0° | -2,0° |
| 4 | 4.06.2000. | 4·35·35 | -4·01·15 | 36°24,6'E | 359,0° | 1,0° | +2,0° |
| 5 | 5.06.2000. | 4·35·25 | -4·01·05 | 36°25,1'E | 4,0° | 1,0° | -3,0° |
| 6 | 6.06.2000. | 4·53·35 | -4·00·25 | 36°43,0'E | 358,0° | 1,0° | +3,0° |
| 7 | 7.06.2000. | 4·38·15 | -4·01·10 | 36°45,8'E | 5,0° | 1,0° | -4,0° |
| 8 | 8.06.2000. | 4·32·45 | -4·00·35 | 38°00,6'E | 357,0° | 1,0° | +4,0° |
| 9 | 9.06.2000. | 4·30·45 | -4·00·05 | 36°24,0'E | 4,0° | 1,0° | -3,0° |
| 10 | 10.06.2000. | 4·27·35 | -4·00·10 | 36°13,7'E | 358,0° | 1,0° | +3,0° |
| 11 | 11.06.2000. | 4·22·25 | -4·00·15 | 36°33,6'E | 3,0° | 1,0° | -2,0° |
| 12 | 12.06.2000. | 4·18·15 | -4·00·05 | 36°34,7'E | 359,0° | 1,0° | +2,0° |
| 13 | 13.06.2000. | 4·26·48 | -4·00·18 | 36°30,1'E | 2,0° | 1,0° | -1,0° |
| 14 | 14.06.2000. | 4·22·54 | -4·00·14 | 36°29,7'E | 0,0° | 1,0° | +1,0° |
| 15 | 15.06.2000. | 4·20·36 | -4·00·06 | 36°02,2'E | 1,0° | 1,0° | 0,0° |
| 16 | 16.06.2000. | 4·28·56 | -4·00·16 | 36°00,1'E | 2,0° | 1,0° | -1,0° |
| 17 | 17.06.2000. | 4·54·42 | -4·00·12 | 36°32,5'E | 0,0° | 1,0° | +1,0° |
| 18 | 18.06.2000. | 4·48·54 | -4·00·14 | 36°01,0'E | 3,0° | 1,0° | -2,0° |
| 19 | 19.06.2000. | 4·42·18 | -4·00·08 | 36°39,7'E | 359,0° | 1,0° | +2,0° |
| 20 | 20.06.2000. | 4·36·36 | -4·00·16 | 36°08,3'E | 4,0° | 1,0° | -3,0° |
| 21 | 21.06.2000. | 4·58·48 | -4·00·08 | 36°33,2'E | 358,0° | 1,0° | +3,0° |
| 22 | 22.06.2000. | 4·56·32 | -4·00·12 | 36°09,2'E | 5,0° | 1,0° | -4,0° |
| 23 | 23.06.2000. | 4·54·22 | -4·00·12 | 36°42,6'E | 357,0° | 1,0° | +4,0° |
| 24 | 24.06.2000. | 4·52·32 | -4·01·02 | 36°23,6'E | 6,0° | 1,0° | -5,0° |
| 25 | 25.06.2000. | 4·50·48 | -4·00·18 | 36°39,5'E | 356,0° | 1,0° | +5,0° |
| 26 | 26.06.2000. | 4·48·38 | -4·00·08 | 36°10,4'E | 5,0° | 1,0° | -4,0° |
| 27 | 27.06.2000. | 4·46·42 | -4·00·12 | 36°41,4'E | 357,0° | 1,0° | +4,0° |
| 28 | 28.06.2000. | 4·44·52 | -4·00·12 | 36°09,8'E | 4,0° | 1,0° | -3,0° |
| 29 | 29.06.2000. | 4·42·42 | -4·00·02 | 36°40,7'E | 358,0° | 1,0° | +3,0° |
| 30 | 30.06.2000. | 4·40·38 | -4·00·08 | 36°14,2'E | 3,0° | 1,0° | -2,0° |

Г. Задачи по расчету поправки компаса (ΔK) по видимому восходу или заходу Солнца

| | Условие | | | | | | Ответ | |
|---|------------|-------------|---|----------|-------|--------------|-------------|------------|
| | Дата | φ_c |  | T_{CP} | № E/W | $KП_{\odot}$ | A_{\odot} | ΔK |
| 1 | 1.06.2000. | 42°30,0'N |  | 05·02 | 3E | 57,3° | 58,3°NE | +1,0° |
| 2 | 2.06.2000. | 43°00,0'N |  | 21·08 | 4E | 303,3° | 57,7°NW | -1,0° |
| 3 | 3.06.2000. | 43°30,0'N |  | 04·54 | 3E | 55,3° | 57,3°NE | +2,0° |
| 4 | 4.06.2000. | 44°00,0'N |  | 21·11 | 4E | 305,3° | 56,7°NW | -2,0° |
| 5 | 5.06.2000. | 44°30,0'N |  | 04·49 | 3E | 53,3° | 56,3°NE | +3,0° |
| 6 | 6.06.2000. | 42°30,0'N |  | 21·06 | 4E | 305,6° | 57,4°NW | -3,0° |

| | | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|---|-------|----|--------|---------|-------|
| 7 | 7.06.2000. | 43°00,0'N | ☉ | 04·57 | 3E | 53,0° | 57,0°NE | +4,0° |
| 8 | 8.06.2000. | 44°00,0'N | ☉ | 21·15 | 4E | 307,9° | 56,1°NW | -4,0° |
| 9 | 9.06.2000. | 44°30,0'N | ☉ | 04·50 | 3E | 50,8° | 55,8°NE | +5,0° |
| 10 | 10.06.2000. | 42°30,0'N | ☉ | 21·12 | 4E | 308,2 | 56,8°NW | -5,0° |
| 11 | 11.06.2000. | 43°00,0'N | ☉ | 04·53 | 3E | 52,5° | 56,5°NE | +4,0° |
| 12 | 12.06.2000. | 43°30,0'N | ☉ | 21·14 | 4E | 308,0° | 56,0°NW | -4,0° |
| 13 | 13.06.2000. | 44°00,0'N | ☉ | 04·49 | 3E | 52,7° | 55,7°NE | +3,0° |
| 14 | 14.06.2000. | 44°30,0'N | ☉ | 21·23 | 4E | 307,8° | 55,2°NW | -3,0° |
| 15 | 15.06.2000. | 42°30,0'N | ☉ | 04·46 | 2W | 54,5° | 56,5°NE | +2,0° |
| 16 | 16.06.2000. | 43°00,0'N | ☉ | 20·07 | 2W | 305,9 | 56,1°NW | -2,0° |
| 17 | 17.06.2000. | 43°30,0'N | ☉ | 04·45 | 2W | 54,7° | 55,7°NE | +1,0° |
| 18 | 18.06.2000. | 44°00,0'N | ☉ | 19·13 | 3W | 305,6° | 55,4°NW | -1,0° |
| 19 | 19.06.2000. | 44°30,0'N | ☉ | 03·42 | 3W | 55,0° | 55,0°NE | 0,0° |
| 20 | 20.06.2000. | 42°30,0'N | ☉ | 19·09 | 3W | 302,7° | 56,3°NW | +1,0° |
| 21 | 21.06.2000. | 43°00,0'N | ☉ | 04·44 | 2W | 57,0° | 56,0°NE | -1,0° |
| 22 | 22.06.2000. | 43°30,0'N | ☉ | 20·09 | 2W | 302,4° | 55,6°NW | +2,0° |
| 23 | 23.06.2000. | 44°00,0'N | ☉ | 04·43 | 2W | 57,3° | 55,3°NE | -2,0° |
| 24 | 24.06.2000. | 44°30,0'N | ☉ | 20·15 | 2W | 303,0° | 55,0°NW | +3,0° |
| 25 | 25.06.2000. | 42°30,0'N | ☉ | 03·50 | 3W | 59,3° | 56,3°NE | -3,0° |
| 26 | 26.06.2000. | 43°00,0'N | ☉ | 19·11 | 3W | 299,8° | 56,2°NW | +4,0° |
| 27 | 27.06.2000. | 43°30,0'N | ☉ | 03·49 | 3W | 59,9° | 55,9°NE | -4,0° |
| 28 | 28.06.2000. | 44°00,0'N | ☉ | 19·16 | 3W | 299,3° | 55,7°NW | +5,0° |
| 29 | 29.06.2000. | 44°30,0'N | ☉ | 03·47 | 3W | 60,4° | 55,4°NE | -5,0° |
| 30 | 30.06.2000. | 43°30,0'N | ☉ | 19·15 | 3W | 299,9° | 56,1°NW | +4,0° |

7.2. Освещенность морского горизонта

7.2.1. Общие положения

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 навигационных сумерек, в течение которых и звезды, и морской горизонт визуально наблюдаются одновременно.

Истинным восходом (заходом) Солнца является момент прохождения его центром плоскости истинного горизонта наблюдателя.

В судовождении, как и в повседневной жизни, чаще идет речь о **видимом восходе (заходе)**, то есть о моменте появления (восход) или скрытии (заход) верхнего края Солнца.

Светлым временем суток считается промежуток времени от видимого восхода Солнца (☉) до видимого его захода (☉). В момент видимого захода Солнца на всех судах включаются ходовые огни, производится спуск флага.

В ночной промежуток времени суток очень слабая освещенность создается суммарным блеском звезд и планет, свечением атмосферы и зодиакальным светом.

Наиболее темный период суток наблюдается около полуночи при прохождении Солнцем полуночной части меридиана наблюдателя.

Период суток, в течение которого поверхность Земли освещается солнечным светом, рассеянным и отраженным верхними слоями атмосферы, называется **сумерками**.

Сумерки наблюдаются утром (до восхода Солнца) и вечером (после захода Солнца). В зависимости от величины снижения Солнца различают **гражданские, навигационные и астрономические сумерки** (рис. 7.5).

а) $\varphi \sim 60^\circ N$ б) $\varphi \sim 30^\circ N$

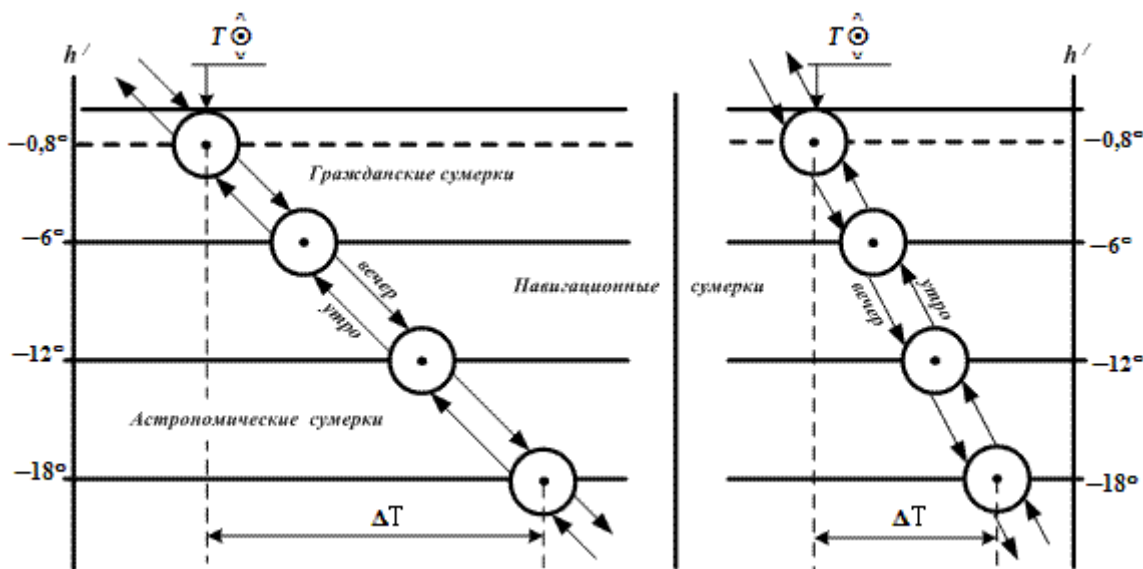


Рис. 7.5. Гражданские, навигационные и астрономические сумерки

Гражданские сумерки вечером делятся от момента видимого захода Солнца (☉) до момента достижения центром Солнца снижения (отрицательной высоты) величины $h' = -6^\circ$.

В момент времени, когда $h' = -6^\circ$, заканчиваются гражданские и начинаются **навигационные сумерки**.

Гражданские сумерки утром делятся от момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -6^\circ$ до момента видимого восхода Солнца.

Во время гражданских сумерек еще можно наблюдать и пеленговать береговые ориентиры.

Продолжительность гражданских сумерек, приведена в табл. 3.14 «МТ-2000» на с.347. (вход в нее по значениям « φ_c » и « δ_{\odot} »).

Навигационные сумерки вечером делятся от момента достижения центром Солнца величины снижения $h' = -6^\circ$ до момента достижения центром Солнца величины снижения $h' = -12^\circ$.

В момент времени, когда снижение Солнца станет -12° – заканчиваются навигационные и начинаются астрономические сумерки.

Навигационные сумерки утром делятся от момента достижения центром Солнца величины снижения $h' = -12^\circ$ до момента достижения центром Солнца величины снижения $h' = -6^\circ$.

В момент времени, когда снижение Солнца станет равно -6° – кончаются навигационные и начинаются гражданские сумерки.

Во время навигационных сумерек одновременно наблюдаются (при отсутствии облачности и при хорошей видимости) и линия горизонта, и навигационные звезды.

Продолжительность навигационных сумерек приведена в таблице 3.15 «МТ-2000» на с. 348 (вход в нее по значениям « φ_c » и « δ_{\odot} »).

Астрономические сумерки определяются промежутком времени, в течение которого снижение центра Солнца изменяется в пределах от -12° до -18° (вечером) или от -18° до -12° (утром). Во время астрономических сумерек поверхность Земли еще освещается отраженным от верхних слоев атмосферы светом Солнца.

После того, когда снижение Солнца достигнет значения $\geq -18^\circ$ (после захода Солнца) или $\leq -18^\circ$ (до восхода Солнца), начинается (заканчивается) ночь.


Продолжительность сумерек зависит от широты места наблюдателя (рис. 7.5). В высоких широтах (рис. 7.5а), суточная параллель Солнца более пологая к горизонту и сумерки длятся дольше, чем в низких широтах (рис. 7.5б), 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.

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).


Задача 1. На 10 июня 2000г. рассчитать время восхода Солнца () и время готовности к астрономическим наблюдениям навигационным секстаном для точки с координатами: $\varphi_c = 43^\circ 30' N$, $\lambda_c = 37^\circ 20' E$ (Черное море). Часы установлены по времени 3E часового пояса.

Решение:

1. Из ежедневных таблиц (стр. 133) «МАЕ-2000», на заданную дату (10 июня) (см. Приложение 11), выбираем момент восхода Солнца для значения табличной широты ($40^\circ N$), обязательно ближайшей меньшей к заданной ($43^\circ 30' N$) широте. При этом находим разность « Δ » (величину и знак) между моментом для последующей большей табличной широты ($45^\circ N$) и выбранным моментом:

$$\Delta = 4ч\ 31м - 4ч\ 13м = -18м$$

Момент восхода (захода) Солнца выбирается непосредственно из ЕТ МАЕ, если заданная дата совпадает со средней датой (9 июня) трехсуточного интервала. В случае несовпадения этих дат (как в нашем примере), учитывается суточное изменение (Сут. изм.), которое берется слева (0м) для предыдущей даты (8 июня), или справа (0м) для последующей даты (11 июня).

Для нашего примера: T_T  = 4ч 31м (с учетом Сут. изм.).

2. Из таблицы МАЕ (с. 281) приложения 1 А. (Поправка за широту) находим поправку T_φ к выбранному моменту за изменение широты. В этой таблице входными аргументами служат (см. Приложение 5А):

- величина интервала табличных широт (2° или 5° или 10°). Для нашего примера: $45^\circ - 40^\circ = 5^\circ \rightarrow$ средняя строка;
- разность широт ($\Delta\varphi$) между значениями заданной широты ($43^\circ 30'$) и ближайшей меньшей табличной широты (40°), для которой выбран соответствующий момент (см. п. 1). Для нашего примера $\Delta\varphi = 43^\circ 30' - 40^\circ = 3^\circ 30'$;
- табличная разность моментов « Δ » для соседних широт. Для нашего примера $\Delta = -18м$ (см. п. 1).

По этим трем аргументам находим (с точностью до $\pm 1м$) значение $\Delta T_\varphi \approx -13м$ (для $\Delta = 16м \rightarrow \Delta T_\varphi = -11м$, а для $\Delta = 20м \rightarrow \Delta T_\varphi = -14м$). Знак ΔT_φ всегда одинаков со знаком « Δ ».

3. Из таблицы (с. 282 МАЕ) приложения 1Б. (Поправка за долготу) находим поправку T_λ к выбранному моменту соответственно долготе места.

В этой таблице входными аргументами служат (см. Приложение 5Б):

- заданная долгота $\lambda_c(37^\circ 20' \approx 40^\circ)$;
- суточное изменение, которое приведено в ЕТ МАЕ слева и справа от момента восхода (захода) Солнца. Если долгота восточная (E) – величина «Сут. изм.» выбирается слева (+0м); если же долгота западная (W) – величина «Сут. изм.» выбирается справа (-0м).

Для нашего примера: «Сут. изм. = +1м».

По этим двум аргументам находим величину поправки $\Delta T_\lambda = +0м$ (знак поправки ΔT_λ одинаков со знаком «Сут. изм.»).

(Для $\lambda = 40^\circ$ и «Сут. изм.» = 60м $\rightarrow \Delta T_\lambda = 7м$).

4. Прибавляем (со своими знаками) найденные поправки за широту ($\Delta T_\varphi = -13м$) и долготу ($\Delta T_\lambda = +0м$) к выбранному моменту $T_T \odot = 4ч 31м$. В результате получим местное время восхода Солнца $T_M \odot$ в заданной точке, то есть:

$$T_M \odot = T_T \odot + \Delta T_\varphi + \Delta T_\lambda \quad (7.6)$$

$$T_M \odot = 4ч 31м + (-13м) + (+0м) = 4ч 18м$$

5. Рассчитываем гринвичское время восхода Солнца

$$T_{GP} \odot = T_M \odot \mp \lambda E/W = 4ч 18м - 2ч 29м = 1ч 49м$$

(2ч 29м \rightarrow это значение счислимой долготы $\lambda_c = 37^\circ 20' E$ во временной мере – см. табл. для перевода дуговой меры во временную и обратно на с. 288 МАЕ) или Приложение 7.

6. Рассчитываем судовое время восхода Солнца:

$$T_c \odot = T_{GP} \odot \pm N \circ E/W \quad (7.7)$$

$$T_c \odot = 1ч 49м + 3ч = 4ч 49м$$

7. Так как навигационные сумерки начинаются (с. 133 МАЕ) на 1ч 14м (в 3ч 17м) раньше времени восхода Солнца (в 4ч 31м), то время готовности к астрономическим наблюдениям навигационным секстаном: 4ч 49м – 1ч 14м = 3ч 35м, то есть, начиная с этого времени можно наблюдать визуально не только звезды, но и видимый горизонт.

Примечание:

Вечером (после захода Солнца) время до которого еще можно измерять высоты «СНО» определяется добавлением к судовому времени захода Солнца длительности навигационных сумерек. (см. Приложение 12).

Задача 2. На 12 июня 2000 года рассчитать время захода Луны (\odot) для точки с координатами: $\varphi_c = 43^\circ 30' N$, $\lambda_c = 37^\circ 20' E$ (Черное море). Часы установлены по времени 3E часового пояса.

Решение:

1. Из ежедневных таблиц МАЕ (с. 135), на заданную дату (12 июня), выбираем момент времени захода Луны для значения табличной широты ($40^\circ N$), обязательно ближайшей меньшей к заданной ($43^\circ 30' N$) широте. При этом находим разность « Δ » (величину и знак) между моментом для последующей большей табличной широты и выбранным моментом:

$$\Delta = 2ч 05м - 2ч 02м = -3м$$

Момент восхода (захода) Луны находится непосредственно из ЕТ МАЕ на заданную дату.

Для нашего примера: $T_T^{\text{Г}} = 2ч 05м$.

2. Из таблицы (с. 281 МАЕ) приложения 1А (Поправка за широту), находим поправку T_φ к выбранному моменту за изменение широты. В этой таблице входными аргументами служат:
- величина интервала табличных широт (2° или 5° или 10°). Для нашего примера $\rightarrow 5^\circ$ ($45^\circ - 40^\circ$);
 - разность широт ($\Delta\varphi$) между значениями заданной широты ($43^\circ 30'$) и ближайшей меньшей табличной широты (40°), для которой выбран соответствующий момент (см. п. 1). Для нашего примера $\Delta\varphi = 43^\circ 30' - 40^\circ = 3^\circ 30'$;
 - табличная разность моментов « Δ » для соседних широт. Для нашего примера « $\Delta = -3м$ » (п. 1).

По этим трем аргументам находим значение $\Delta T_\varphi = -2м$. (Знак ΔT_φ одинаков со знаком « Δ »).

3. Из таблицы приложения 1Б (Поправка за долготу – с. 282 МАЕ) находим поправку T_λ к выбранному моменту соответственно долготе места. В этой таблице входными аргументами служат:
- заданная долгота λ_c ($37^\circ 20' \approx 40^\circ$);
 - суточное изменение (Сут. изм.), которое приведено в ЕТ МАЕ слева и справа от момента восхода (захода) Луны. Если долгота восточная (E) \rightarrow величина «Сут. изм.» выбирается слева ($28м$); если же долгота западная (W) \rightarrow величина «Сут. изм.» выбирается справа ($29м$).

Для нашего примера: «Сут. изм. = $-28м$ ». (Знак «Сут. изм.» определяется в зависимости от возрастания или убывания моментов к предыдущим или последующим суткам).

По этим двум аргументам находим величину поправки $\Delta T_\lambda = -3м$ (знак поправки ΔT_λ одинаков со знаком «Сут. изм.»).

4. Прибавляем (со своими знаками) найденные поправки за широту ($\Delta T_\varphi = -2м$) и долготу ($\Delta T_\lambda = -3м$) к выбранному моменту $T_T^{\text{Г}} = 2ч 05м$. В результате получим местное время захода Луны $T_M^{\text{Г}}$ в заданной точке, то есть:

$$T_M^{\text{Г}} = T_T^{\text{Г}} + \Delta T_\varphi + \Delta T_\lambda$$
$$T_M^{\text{Г}} = 2ч 05м + (-2м) + (-3м) = 2ч 00м$$

5. Рассчитываем гринвичское время захода Луны:

$$T_{ГР}^{\text{Г}} = T_M^{\text{Г}} \mp \lambda E/W = 2ч 00м - 2ч 49м = 23ч 11м \quad 11.06.2000 \text{ г.}$$

6. ($2ч 29м$ – это значение счислимой долготы $\lambda_c = 37^\circ 20'E$ во временной мере – см. табл. для перевода дуговой меры во временную и обратно на с. 288 МАЕ) или Приложение 7.

7. Рассчитываем судовое время захода Луны:

$$T_c^{\text{Г}} = T_{ГР}^{\text{Г}} \pm N E/W$$

$$T_c^{\text{Г}} = 23ч 11м + 3м = 2ч 11м \quad 12.06.2000 \text{ г.}$$

Ответ: $T_c^{\text{Г}} = 2ч 11м, 12.06.2000 \text{ г.}$

7.2.2. Задачи на вычисление судового времени восхода (☉) и захода (☉) Солнца

| | Условие | | | | Ответ | |
|----|-------------|-------------|-------------|-------|---------|---------|
| | Дата | φ_c | λ_c | № E/W | T_c ☉ | T_c ☉ |
| 1 | 1.06.2000. | 42°30,0'N | 36°00,0'E | 3E | 05.02 | 20.07 |
| 2 | 2.06.2000. | 43°00,0'N | 36°20,0'E | 4E | 05.57 | 21.08 |
| 3 | 3.06.2000. | 43°30,0'N | 36°30,0'E | 3E | 04.54 | 20.10 |
| 4 | 4.06.2000. | 44°00,0'N | 36°40,0'E | 4E | 05.52 | 21.11 |
| 5 | 5.06.2000. | 44°30,0'N | 36°50,0'E | 3E | 04.50 | 20.14 |
| 6 | 6.06.2000. | 42°30,0'N | 37°00,0'E | 4E | 05.55 | 21.06 |
| 7 | 7.06.2000. | 43°00,0'N | 36°00,0'E | 3E | 04.57 | 20.13 |
| 8 | 8.06.2000. | 44°00,0'N | 36°10,0'E | 4E | 05.53 | 21.15 |
| 9 | 9.06.2000. | 44°30,0'N | 36°20,0'E | 3E | 04.50 | 20.19 |
| 10 | 10.06.2000. | 42°30,0'N | 36°30,0'E | 4E | 05.56 | 21.12 |
| 11 | 11.06.2000. | 43°00,0'N | 36°40,0'E | 3E | 04.53 | 20.13 |
| 12 | 12.06.2000. | 43°30,0'N | 36°50,0'E | 4E | 05.52 | 21.14 |
| 13 | 13.06.2000. | 44°00,0'N | 37°00,0'E | 3E | 04.49 | 20.15 |
| 14 | 14.06.2000. | 44°30,0'N | 36°00,0'E | 4E | 05.51 | 21.23 |
| 15 | 15.06.2000. | 42°30,0'N | 36°00,0'E | 2W | 04.46 | 20.04 |
| 16 | 16.06.2000. | 43°00,0'N | 36°20,0'E | 2W | 04.45 | 20.07 |
| 17 | 17.06.2000. | 43°30,0'N | 36°30,0'E | 2W | 04.45 | 20.10 |
| 18 | 18.06.2000. | 44°00,0'N | 36°40,0'E | 3W | 03.44 | 19.13 |
| 19 | 19.06.2000. | 44°30,0'N | 36°50,0'E | 3W | 03.42 | 19.15 |
| 20 | 20.06.2000. | 42°30,0'N | 37°00,0'E | 3W | 03.50 | 19.09 |
| 21 | 21.06.2000. | 43°00,0'N | 36°00,0'E | 2W | 04.44 | 20.07 |
| 22 | 22.06.2000. | 43°30,0'N | 36°10,0'E | 2W | 04.44 | 20.09 |
| 23 | 23.06.2000. | 44°00,0'N | 36°20,0'E | 2W | 04.43 | 20.11 |
| 24 | 24.06.2000. | 44°30,0'N | 36°30,0'E | 2W | 04.42 | 20.15 |
| 25 | 25.06.2000. | 42°30,0'N | 36°40,0'E | 3W | 03.50 | 19.09 |
| 26 | 26.06.2000. | 43°00,0'N | 36°50,0'E | 3W | 03.49 | 19.11 |
| 27 | 27.06.2000. | 43°30,0'N | 37°00,0'E | 3W | 03.49 | 19.13 |
| 28 | 28.06.2000. | 44°00,0'N | 37°10,0'E | 3W | 03.48 | 19.16 |
| 29 | 29.06.2000. | 44°30,0'N | 37°20,0'E | 3W | 03.47 | 19.18 |
| 30 | 30.06.2000. | 43°30,0'N | 37°30,0'E | 3W | 03.52 | 19.15 |

Выводы

1. Точность счисления пути судна во многом зависит от знания и учета фактической поправки курсоуказателя.
2. При плавании судна в открытом море поправку курсоуказателя можно определить только астрономическими способами.
3. Астрономические способы определения ΔK основаны на сравнении одномоментных истинных и компасных направлений на небесные светила:

$$\Delta K = A_{KP}^* - KP^*.$$

4. Для определения ΔK по небесным светилам достаточно знать счислимые координаты, значение $KП^*$ на светило и точное время момента замера $KП^*$.
5. Полярная звезда позволяет значительно упростить вычисление её азимута без ущерба для точности результатов ($\pm 0,1^\circ$).
6. Упрощенный способ определения ΔK по Полярной звезде позволяет уточнить ΔK с точностью ($\pm 0,5^\circ$) практически мгновенно.
7. Для определения сроков астрономических наблюдений звезд навигационным секстаном, необходимо уметь рассчитывать время восхода (захода) Солнца и длительность навигационных сумерек, в течение которых и звезды, и морской горизонт наблюдаются одновременно.

ГЛАВА 8. ЗВЕЗДНЫЙ ГЛОБУС. ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

8.1. Звездный глобус

8.1.1. Устройство звездного глобуса

Звездный глобус (ЗГ) представляет собой модель небесной сферы с нанесенными на его поверхность основными созвездиями и звездами, небесным экватором, эклиптикой, небесными меридианами и параллелями (рис. 8.1).

Звездный глобус, как мореходный прибор, предназначен для приближенного решения некоторых задач мореходной астрономии, основными из которых являются:

1. – определение наименования неизвестной звезды по известным ее высоте и азимуту (опознавание звезд);
2. – определение высоты и азимута светила на заданный момент времени (подбор звезд для наблюдения);
3. – определение азимута восхода и захода светил.

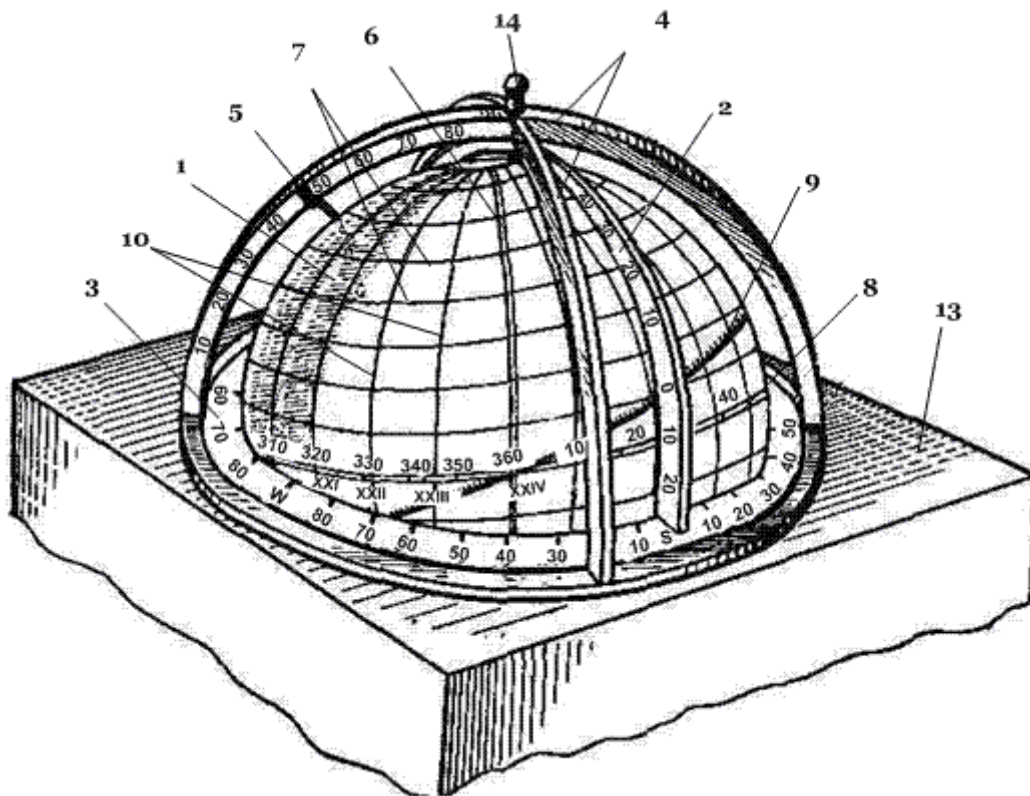


Рис. 8.1. Звездный глобус

Основой звездного глобуса (рис. 8.1) является пустотелая пластмассовая сфера диаметром 170 мм (1) с нанесенной на ее поверхность картой звездного неба (всего нанесено 167 звезд).

На сферу, кроме того, нанесены:

1. **Небесный экватор** (8) → большой круг, плоскость которого перпендикулярна оси Мира – двойной линией с градусными делениями. Оцифрован через 10° в сторону счета прямых восхождений светил (α) от точки Овна (т. « γ ») с северной стороны экватора, а с южной – во временной мере.
2. **Эклиптика** (9) → проекция годового пути Солнца на небесную сферу – одинарной (или двойной) линией с суточными делениями. Оцифровка эклиптики выполнена с северной стороны через каждые 10 суток с указанием месяца года. Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора на постоянный угол $\varepsilon \approx 23^\circ 27'$. Эклиптика с небесным экватором пересекаются в двух точках:

- в точке весеннего равноденствия ~ 20 марта, когда $\delta_{\odot} = 0$ и $\alpha_{\odot} = 0$;
 - в точке осеннего равноденствия ~ 23 сентября, когда $\delta_{\odot} = 0$ и $\alpha_{\odot} = 180^{\circ}$.
3. **Небесные параллели** (7) \rightarrow малые круги, параллельные небесному экватору – тонкими линиями через 10° , по 8 параллелей как к P_N , так и к P_S .
 4. **Небесные меридианы** (10) \rightarrow большие круги, проходящие через полюсы Мира P_N и P_S – тонкими линиями через 15° . Небесный меридиан « $0-180^{\circ}$ » нанесен двойной линией, разбит на градусные деления и оцифрован через 10° широты. Этот меридиан пересекается с небесным экватором и эклипстикой в точках равноденствий (весеннего и осеннего). Небесный меридиан « $90-90^{\circ}$ » также разбит на градусные деления и оцифрован через 10° широты. Этот меридиан пересекается с эклипстикой в точках летнего (~ 22 июня) и зимнего (~ 22 декабря) солнцестояний.

Примечание:

Северный полюс Мира (P_N) опознается по близлежащим созвездиям: Малая и Большая Медведица, Кассиопея, Цефей, Дракон.

Сфера звездного глобуса заключена в плоское металлическое кольцо (2), изображающее **меридиан наблюдателя**, и может вращаться вокруг оси, перпендикулярной небесному экватору и имитирующей ось Мира ($P_N P_S$). Концы оси вращения укреплены в специальных гнездах кольца и являются полюсами Мира (P_N и P_S), причем повышенный полюс Мира P_N определяется по расположенной рядом с ним Полярной звезде ($\star \alpha$ Малой Медведицы). Меридиан наблюдателя разбит на градусные деления от 0° (небесный экватор) до 90° (полюс Мира) и оцифрован через 10° как в сторону P_N , так и в сторону P_S .

Меридиан наблюдателя (вместе со сферой) вставляется в гнездо ящика (13), окаймленное другим кольцом (3), имеющим специальные вырезы для меридиана наблюдателя, обозначенные как N и S . Это кольцо (3), расположенное на горизонтальной поверхности ящика и делящее установленную в него сферу точно пополам, изображает **истинный горизонт наблюдателя**, также разбитый на градусные деления с оцифровкой через 10° от точек N и S (0°) к точкам E и W (90°), то есть в четвертном счете (точка N на истинном горизонте наблюдателя расположена на стороне петель крышки ящика).

Сверху на кольцо истинного горизонта наблюдателя надевается съемная металлическая **крестовина вертикалов** (4). Крестовина собрана из двух полуколец, скрепленных на горизонтальном узком съемном кольце во взаимоперпендикулярных плоскостях. Узкое кольцо охватывает кольцо горизонта по специальному выступу последнего. Когда одно из вертикальных полуколец совпадает с меридианом наблюдателя, другое изображает из себя надгоризонтную часть первого вертикала. Перекрестие вертикалов с головкой (14) имитирует **зенит наблюдателя**. Одна из четвертей каждого вертикала разбита в градусной мере с оцифровкой через 10° от 0° (истинный горизонт) до 90° (зенит наблюдателя).

На одной из оцифрованных четвертей вертикала находится съемный подвижный **индекс** (5), служащий для указания места светила на сфере по высоте.

Каждый комплект звездного глобуса снабжается паспортом, цветным мягким карандашом и куском фланели для протирки.

Основные характеристики звездного глобуса:

1. Диаметр сферы – ~ 170 мм.
2. Вес прибора – не более 4,4 кг.
3. Точность нанесения светил – $\sim \pm 0,5^{\circ}$.
4. Точность разделения кругов – $\sim \pm 0,1^{\circ}$.
5. Цена всех малых делений – $1,0^{\circ}$.

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

1. Установка ЗГ по широте 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_c) и звездному местному времени $S_M (t_M \Psi)$.

Для установки звездного глобуса по широте наблюдателя на время начала навигационных сумерек (время начала наблюдений) необходимо:

- a. → рассчитать судовое время начала навигационных сумерек (наблюдений);
- b. → на рассчитанное время снять с путевой карты счислимые координаты ($\varphi_c=43^\circ 30'N$, $\lambda_c=37^\circ 20'E$);
- c. → поворотом кольца меридиана наблюдателя (2) установить повышенный полюс Мира (P_N) над одноименной точкой (N для φ_N) истинного горизонта наблюдателя (3) на величину угла φ_c . Так как оцифровка градусных делений меридиана наблюдателя выполнена от экватора, то отсчет на дуге у линии горизонта (у точки N) должен равняться ($90^\circ - \varphi = 46^\circ 30'$).

Чтобы избежать ошибки при установке, надо поставить повышенный полюс Мира (P_N) на высоту, равную значению φ_c , ведя счет градусов от P_N , а затем проверить отсчет у горизонта (у точки N), который должен равняться ($90^\circ - \varphi_c = 46^\circ 30'$).

После установки нужно проверить, что отсчет по кольцу меридиана наблюдателя (2) под зенитом наблюдателя (14) соответствует значению φ_c ($43^\circ 30'$).

После этого установку звездного глобуса по широте можно считать оконченной.

2. Установка ЗГ по звездному местному времени.

Для установки звездного глобуса по звездному местному времени на время начала навигационных сумерек (начала наблюдений) необходимо:

- a. → по судовому времени начала навигационных сумерек (начала наблюдений) рассчитать гринвичское время этого явления по формуле:

$$T_{ГР} = T_c \mp N E/W, \quad (8.1)$$

- b. где $N E/W$ – номер часового пояса, по которому установлены судовые часы;
- c. → из ежедневных таблиц (ЕТ) МАЕ текущего года по дате и целому часу $T_{ГР}$ выбрать значение $t_{ГРТ}^{\Psi}$ (см. Приложение 1), а из основных интерполяционных таблиц (ОИТ) МАЕ (см. Приложение 8) на число минут и секунд $T_{ГР}$ выбрать значение $\Delta_1 t^{\Psi}$ и рассчитать звездное гринвичское время начала навигационных сумерек (наблюдений) по формуле:

$$S_{ГР} = t_{ГРТ}^{\Psi} - t_{ГРТ}^{\Psi} + \Delta_1 t^{\Psi}; \quad (8.2)$$

- d. → рассчитать местный часовой угол точки Овна (т. « Ψ ») по формуле:

$$t_M^{\Psi} = t_{ГР}^{\Psi} \pm \lambda_c E/W, \quad (8.3)$$

и округлить полученное значение до $0,5^\circ$;

- e. → повернуть сферу глобуса вокруг оси Мира ($P_N P_S$) так (не сбивая его установки по широте), чтобы под серединой кольца меридиана наблюдателя, на полуденной его части, был отсчет шкалы экватора, равный найденному значению t_M^{Ψ} .

Так как кольцо имеет толщину примерно 3° , то к оцифрованному его срезу следует подводить отсчет экватора на $1,5^\circ$ больше рассчитанного t_M^{Ψ} .

После установки глобуса по звездному местному времени нужно проверить, не сдвинулся ли меридиан наблюдателя и не изменилась ли установка широты.

Например: на 21 июня 2000 г. для $\varphi_c = 43^\circ 30'N$, $\lambda_c = 37^\circ 35'E$ и $T_{ГР} = 22ч 18м$:

1. $t_{ГРТ}^{\Psi} = 240^\circ 23,9'$ (Приложение 1);
2. $\Delta_1 t^{\Psi} = 4^\circ 30,7'$ (Приложение 8);
3. $t_{ГР}^{\Psi} = t_{ГРТ}^{\Psi} + \Delta_1 t^{\Psi} = 240^\circ 23,9' + 4^\circ 30,7' = 244^\circ 54,6'$;

$$4. t_M^{\text{Г}} = t_{\text{ГР}}^{\text{Г}} \pm \lambda_c E/W \approx 244^{\circ}54,6' + 37^{\circ}35,0' = 282^{\circ}29,6' \approx 282,5^{\circ}.$$

К оцифрованному срезу полуденной части кольца меридиана наблюдателя подводим отсчет экватора 284° .

Установив ЗГ по широте наблюдателя и звездному местному времени, наблюдаем те звезды (находясь в центре ЗГ), которые будут фактически видны на расчетное время наблюдений.

8.1.3. Определение наименования наблюдавшейся, но визуально неопознанной звезды

При наличии большой облачности, когда та или другая звезда появляется в просвете облаков, название ее практически невозможно определить визуально по расположению звезд и созвездий.

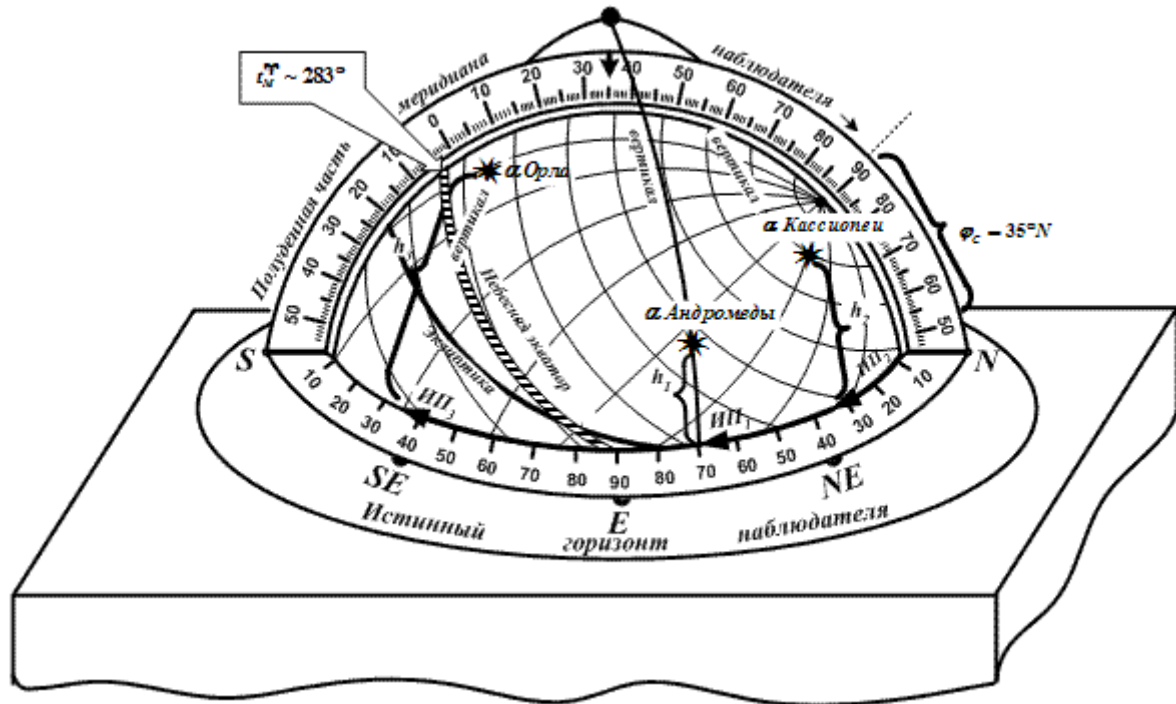


Рис. 8.2. Определение наименования звезды по звездному глобусу

Эту задачу можно решить с помощью звездного глобуса, для чего необходимо:

1. На судовое время замера высоты звезды ($T_{\text{СР}} = 2\text{ч } 18\text{м } 20\text{с } 22 \text{ июня}$), одновременно измерить компасный пеленг на нее ($KП^* = 145,0^{\circ}$).
2. На время $T_{\text{СР}} = 2\text{ч } 18\text{м}$ снять с путевой карты координаты счислимого места ($\varphi_c = 35^{\circ}00'N$, $\lambda_c = 37^{\circ}35'E$).
3. Рассчитать гринвичское время замера высоты звезды по формуле:

$$T_{\text{ГР}} = T_{\text{СР}} + U_{\text{ч}} = 2\text{ч } 18\text{м } 20\text{с} + (-4\text{ч } 00\text{м } 20\text{с}) = 22\text{ч } 18\text{м } 21.06., \text{ где } U_{\text{ч}} = -4\text{ч } 00\text{м } 20\text{с}.$$

4. Установить звездный глобус по широте ($\varphi_c = 35^{\circ}00'N$) и звездному местному времени ($S_M = t_M^{\text{Г}} = 282,5^{\circ}$).
5. Рассчитать истинное значение пеленга на звезду и перевести его в четвертную систему счета:

$$ИП^* = КП^* + \Delta K = 145,0^{\circ} + 1,0^{\circ} = 146,0^{\circ} = 34,0^{\circ}SE.$$

6. Крестовину вертикалов (4) установить таким образом, чтобы одно из его полуколец с оцифровкой и индексом "прошло" через деление кольца истинного горизонта (3), соответствующее значению $ИП^* = 146,0^{\circ} = 34,0^{\circ}SE$ (кольцо истинного горизонта ЗГ оцифровано в четвертной системе счета направлений).

7. Индекс (5) на оцифрованном полукольце вертикала установить на деление, соответствующее *измеренной высоте* звезды ($OC_{CP} = 61^{\circ}10,4'$).
8. Под острием индекса отыскать искомую звезду ($\star \alpha$ Орла – Альтаир – № 146).

Если под индексом звезды не оказалось, необходимо проверить установку глобуса по широте и звездному местному времени. При отсутствии ошибок в установке можно предположить, что наблюдалась одна из навигационных планет, видимые места которых на глобусе не нанесены.

8.1.4. Нанесение на звездный глобус навигационных планет

Поскольку навигационные планеты (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), ввиду их собственного движения, на глобусе не обозначены, приходится наносить их перед предполагаемыми наблюдениями на поверхность глобуса.

Для нанесения планеты на поверхность звездного глобуса необходимо:

1. По дате и приближенному значению T_{GP} наблюдений выбрать из ЕТ МАЕ текущего года значения прямого восхождения (α) и склонения (δ) планеты.
2. Повернуть сферу глобуса так, чтобы на срезе оцифрованного края кольца меридиана наблюдателя (2) находился отсчет небесного экватора, равный прямому восхождению (α) планеты (со стороны точки S истинного горизонта наблюдателя).
3. Отложить по дуге кольца меридиана наблюдателя (2) величину склонения (δ) планеты в сторону северного или южного полюса Мира в зависимости от наименования склонения ($\delta_N \rightarrow$ к P_N или $\delta_S \rightarrow$ к P_S).
4. Отметить положение планеты точкой специальным мягким цветным карандашом и поставить рядом астрономический знак данного светила

(♀ – Венера, ♂ – Марс, ♃ – Юпитер, ♄ – Сатурн).

Примечание:

Значение прямого восхождения планеты (α) приведено на каждые трое суток для каждой планеты в нижней строчке левой страницы ЕТ МАЕ.

8.1.5. Подбор по звездному глобусу звезд для наблюдений

Эта задача является самой важной и наиболее часто решаемой на звездном глобусе.

Для подбора звезд для наблюдений с помощью звездного глобуса необходимо:

1. Рассчитать судовое время предполагаемого момента наблюдений ($T_c = 2ч 18м 22.06.2000$ г.).
2. Снять с путевой карты на T_c (2ч 18м) счислимые координаты ($\varphi_c = 35^{\circ}00'N$, $\lambda_c = 37^{\circ}20'E$).
3. Рассчитать гринвичское время момента наблюдений по формуле:

$$T_{GP} = T_c \mp N_{\delta} E/W = 2ч 18м - 4 = 22ч 18м (21.06.2000).$$

(часы на судне поставлены по «4E» часовому поясу).

4. Из ЕТ МАЕ текущего года по дате и целому часу T_{GP} выбрать значение t_{GPT}^{Υ} (240°23,9' → Приложение 1), а из ОИТ МАЕ на число минут и секунд T_{GP} выбрать значение $\Delta_1 t^{\Upsilon}$ (4°30,7' → Приложение 8) и рассчитать звездное гринвичское время

$$S_{GP} = t_{GP}^{\Upsilon} = t_{GPT}^{\Upsilon} + \Delta_1 t^{\Upsilon} (244^{\circ}54,6')$$

5. Рассчитать местный часовой угол точки Овна (т. « Υ ») по формуле:

$$t_M^{\Upsilon} = t_{GP}^{\Upsilon} \pm \lambda_c E/W = 244^{\circ}54,6' + 37^{\circ}20' = 282^{\circ}14,6'$$

и округлить полученное значение до $0,5^{\circ}$ ($\sim 282,0^{\circ}$).

6. Установить звездный глобус по широте φ_c ($35^{\circ}00'N$) и звездному местному времени $S_M = t_M$ ($282,0^{\circ}$).
7. Установить крестовину вертикалов так, чтобы оцифрованный край одного из полуколец вертикала проходил через выбранное для наблюдений светило и снять значение высоты (h) и азимута (A) этого светила.

($\star\alpha$ Орла \rightarrow Альтаир: $h \approx 60^{\circ}$, $A_q = 36^{\circ}SE$, $ИП \approx 144^{\circ}$).

8. Для определения места по двум светилам подбираем вторую звезду у соседнего вертикала таким образом, чтобы ее азимут отличался от азимута первой звезды на угол $\Delta A \approx 60 \div 120^{\circ}$.

($\star\beta$ Пегаса \rightarrow Сеат: $h \approx 36^{\circ}$, $A_q = 76^{\circ}NE$, $ИП \approx 76^{\circ}$ или

($\star\alpha$ Северной Короны \rightarrow Альфакка: $h \approx 47,0^{\circ}$, $A_q = 88^{\circ}NW$, $ИП \approx 272,0^{\circ}$).

Примечание:

1. При определении места по высотам двух светил, светила для наблюдений подбирают таким образом, чтобы их азимуты (пеленги на них) отличались на угол $60 \div 120^{\circ}$ (рис. 8.3):

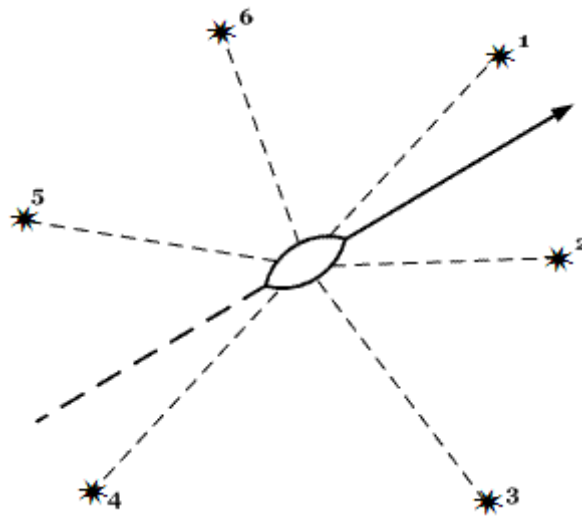


Рис. 8.3. Подбор светил для наблюдений

- или $\star 1$ и $\star 3$;
- или $\star 2$ и $\star 6$;
- или $\star 1$ и $\star 5$;
- или $\star 3$ и $\star 4$;
- или $\star 4$ и $\star 5$;

Наилучший вариант будет в том случае, когда азимуты светил (пеленги на них) отличаются на угол $\sim 90^{\circ}$.

2. При определении места по высотам трех светил, звезды для наблюдений подбираются таким образом, чтобы азимуты соседних из них (пеленги на них) отличались на угол $\sim 120^{\circ}$:

- или $\star 1$, $\star 3$ и $\star 5$;
- или $\star 2$, $\star 4$ и $\star 6$.

3. При определении места по высотам четырех светил, звезды для наблюдений подбирают таким образом, чтобы азимуты соседних из них отличались на угол $\sim 90^{\circ}$:

- $\star 1$, $\star 3$, $\star 4$ и $\star 5$.

4. Высоты подбираемых для наблюдений светил во всех случаях должны находиться в пределах ($30^{\circ} < h < 70^{\circ}$).

При появлении звезд на небе опознаем опознанные по ЗГ светила:

- по ИП $\sim 144^\circ$ на высоте $h \sim 60^\circ \rightarrow \alpha$ Орла (* Альтаир);
- по ИП $\sim 76^\circ$ на высоте $h \sim 36^\circ \rightarrow \beta$ Пегаса (* Сеат);
- по ИП $\sim 272^\circ$ на высоте $h \sim 47^\circ \rightarrow \alpha$ Северной Короны (* Альфакка) и т.д.

8.1.6. Определение по звездному глобусу азимута восхода (захода) Солнца

Для определения азимута ($A_{\odot} = ИП_{\odot}$) восхода (захода) Солнца с помощью звездного глобуса (ЗГ) необходимо:

1. установить ЗГ по широте места наблюдателя ($\varphi = 50^\circ N$);
2. по ежедневным таблицам МАЕ текущего года, по значению склонения Солнца 0° ($\delta_{\odot} = 0^\circ$) определить гринвичское время и дату, когда Солнце находилось в точке весеннего равноденствия (в т. γ) \rightarrow для 2000г. в $\sim 7ч 30м 20.03.2000$ г.;
3. для даты наблюдения (20.05.2000 г.) рассчитать значение оцифровки эклиптики ЗГ на эту дату \rightarrow 61 деление от т. γ (1) и обозначить эту точку мягким карандашом знаком \odot ;
4. вращая сферу ЗГ против часовой стрелки (не сбивая установки по широте) установить знак \odot на линию горизонта и снять значение A_{\odot} ($ИП_{\odot}$) $\sim 58^\circ$;
5. вращая сферу ЗГ по часовой стрелке (не сбивая установки по широте) установить знак \odot на линию горизонта с другой стороны и снять значение A_{\odot} ($ИП_{\odot}$) $\approx 58^\circ NW \sim 302^\circ$.

Ответ: 1) A_{\odot} ($ИП_{\odot}$) $\sim 58^\circ$; 2) A_{\odot} ($ИП_{\odot}$) $\sim 302^\circ$.

Примечание:

1. Аналогично определяется азимут восхода или захода любого нанесенного на ЗГ светила.
2. В дни равноденствий $A_{\odot} = 90^\circ$, а $A_{\odot} = 270^\circ$.
3. Измерив компасный пеленг ($КП_{\odot}$ или $КП_{\odot}$) восхода (захода) Солнца можно быстро оценить достоверность принятой поправки курсоуказателя (ΔK)

$$\Delta K = A_{кр} (\odot) - КП (\odot).$$

8.1.7. Задачи на опознавание звезд по звездному глобусу

| | Дата | φ_c | λ_c | T_{CP} | U_{\odot} | $\sim OC_{CP}$ | ИП* | Звезда |
|----|-------------|-------------------|-------------------|----------|-------------|----------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 1.06.2000. | $42^\circ 12,0'N$ | $36^\circ 15,0'E$ | 20-28-18 | -3-00-06 | 20° | 90° | α Змееносца |
| 2 | 2.06.2000. | $42^\circ 18,0'N$ | $36^\circ 20,0'E$ | 20-30-42 | -3-00-04 | 26° | 60° | α Лиры |
| 3 | 3.06.2000. | $42^\circ 24,0'N$ | $36^\circ 36,0'E$ | 20-34-18 | -3-00-14 | 36° | 169° | α Девы |
| 4 | 4.06.2000. | $42^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 44,0'E$ | 20-34-18 | -3-00-08 | 50° | 247° | γ Льва |
| 5 | 5.06.2000. | $42^\circ 36,0'N$ | $36^\circ 33,0'E$ | 20-36-48 | -3-00-18 | 42° | 244° | α Льва |
| 6 | 6.06.2000. | $42^\circ 40,0'N$ | $36^\circ 48,0'E$ | 20-39-18 | -3-01-14 | 57° | 217° | β Льва |
| 7 | 7.06.2000. | $42^\circ 48,0'N$ | $36^\circ 52,0'E$ | 20-44-18 | -3-01-02 | 39° | 247° | α Льва |
| 8 | 8.06.2000. | $42^\circ 52,0'N$ | $36^\circ 56,0'E$ | 20-44-18 | -3-00-18 | 26° | 27° | α Цефея |
| 9 | 9.06.2000. | $42^\circ 58,0'N$ | $37^\circ 07,0'E$ | 20-46-48 | -3-01-03 | 62° | 324° | α Бол. Медведицы |
| 10 | 10.06.2000. | $43^\circ 00,0'N$ | $37^\circ 12,0'E$ | 20-51-48 | -3-00-12 | 53° | 245° | δ Льва |
| 11 | 11.06.2000. | $42^\circ 06,0'N$ | $37^\circ 17,0'E$ | 20-28-10 | -3-01-10 | 39° | 248° | α Льва |
| 12 | 12.06.2000. | $42^\circ 12,0'N$ | $37^\circ 27,0'E$ | 20-32-42 | -3-01-02 | 33° | 65° | α Лиры |
| 13 | 13.06.2000. | $42^\circ 25,0'N$ | $37^\circ 37,0'E$ | 20-35-54 | -3-00-24 | 65° | 157° | α Волопаса |
| 14 | 14.06.2000. | $42^\circ 32,0'N$ | $37^\circ 17,0'E$ | 20-39-06 | -3-01-06 | 83° | 10° | η Бол. Медведицы |

| | | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-----|------|------------------|
| 15 | 15.06.2000. | 42°44,0'N | 37°07,0'E | 20-43-48 | -3-00-18 | 68° | 310° | γ Бол. Медведицы |
| 16 | 16.06.2000. | 42°12,0'N | 26°10,0'W | 19-36-40 | +2-00-20 | 75° | 245° | ε Бол. Медведицы |
| 17 | 17.06.2000. | 42°24,0'N | 26°30,0'W | 19-40-00 | +2-00-15 | 60° | 324° | α Бол. Медведицы |
| 18 | 18.06.2000. | 42°36,0'N | 26°50,0'W | 19-46-20 | +2-00-40 | 66° | 165° | α Волопаса |
| 19 | 19.06.2000. | 42°48,0'N | 27°10,0'W | 19-46-50 | +2-00-10 | 40° | 260° | γ Льва |
| 20 | 20.06.2000. | 42°50,0'N | 27°30,0'W | 19-53-07 | +2-00-13 | 30° | 30° | α Цефея |
| 21 | 21.06.2000. | 43°20,0'N | 27°45,0'W | 19-53-15 | +2-00-15 | 66° | 173° | α Волопаса |
| 22 | 22.06.2000. | 43°30,0'N | 27°55,0'W | 19-59-47 | +2-00-03 | 29° | 259° | α Льва |
| 23 | 23.06.2000. | 43°30,0'N | 27°27,0'W | 20-00-12 | +2-00-08 | 32° | 32° | α Цефея |
| 24 | 24.06.2000. | 43°40,0'N | 27°15,0'W | 20-06-20 | +2-01-00 | 65° | 189° | α Волопаса |
| 25 | 25.06.2000. | 42°30,0'N | 26°50,0'W | 20-06-45 | +2-01-15 | 69° | 318° | ε Бол. Медведицы |
| 26 | 26.06.2000. | 42°10,0'N | 26°15,0'W | 20-10-05 | +2-00-25 | 23° | 265° | α Льва |
| 27 | 27.06.2000. | 42°18,0'N | 25°45,0'W | 20-14-50 | +2-01-05 | 49° | 76° | α Лиры |
| 28 | 28.06.2000. | 42°24,0'N | 25°30,0'W | 20-19-55 | +2-00-25 | 26° | 273° | γ Льва |
| 29 | 29.06.2000. | 42°25,0'N | 25°40,0'W | 20-21-46 | +2-01-14 | 74° | 302° | η Бол. Медведицы |
| 30 | 30.06.2000. | 42°45,0'N | 25°16,0'W | 20-25-37 | +2-00-23 | 30° | 214° | α Девы |

8.2. Звездное небо

8.2.1. Классификация звезд

Если бы не было межзвездной среды, ослабляющей свет звезд, то небо днем и ночью блестело бы так же, как и поверхность Солнца, поскольку в бесконечной Вселенной имеется бесконечное число звезд. Межзвездное вещество состоит из газа, главным образом водорода и тонкой пыли, перемешанных между собой.

Хотя в 1 км^3 межзвездного пространства содержится всего лишь 10^9 вещества, однако при колоссальных расстояниях в тысячи и миллионы световых лет и такой слабой концентрации вещества достаточно для ослабления света ближайших к нам звезд и полного поглощения света далеких звезд Вселенной.

Блеском звезды называется освещенность в точке наблюдения, которая создается звездой на плоскости, перпендикулярной падающим лучам.

Все звезды, в зависимости от видимого блеска, делятся на классы, называемые **звездными величинами**.

Такое деление всех звезд по их блеску на 6 классов впервые было сделано **во II веке до н.э. греческим астрономом Гиппархом**.

Деление звезд, видимых невооруженным глазом, на шесть классов имеет определенное обоснование, связанное с восприятием света глазом человека, а именно: звезды I величины в среднем во столько же раз ярче звезд II величины, во сколько звезды II величины ярче звезд III величины и т.д. Таким образом, **числа, выражающие блеск звезд последовательных звездных величин, составляют геометрическую прогрессию** (звезда I величины создает в 2,512 раза большую освещенность, чем звезда II величины).

Невооруженным глазом видны звезды до VI звездной величины; в самый большой телескоп видны звезды 19-й величины, а фотографировать можно звезды и 22-й величины.

Более яркие светила имеют нулевую и отрицательные звездные величины. Например: Венера светит, как звезда – 4-й величины, полная Луна – 12-й величины, Солнце – 27-й величины.

Для более точной оценки блеска звезд применяют дробные доли звездных величин. Например: звездная величина звезды Сириус составляет – 1,5.

Блеск звезды зависит от расстояния до нее, поэтому для возможности сравнивать силу света различных звезд вычисляют абсолютные звездные величины, т.е. величины, которые имели бы звезды,

если бы они находились на одинаковом расстоянии от наблюдателя. По международному соглашению за нормальное расстояние принято **10 парсеков (32,6 световых года)**.

Блеск звезды обратно пропорционален квадрату расстояния.

Абсолютная звездная величина Солнца равна + 4,7. Это значит, что с расстояния в 10 парсеков Солнце было бы видно сравнительно слабой звездой.

В обоих полушариях невооруженным глазом в среднем видно **около 6 тысяч звезд**.

Видимые простым глазом звезды приближенно распределяются по звездным величинам следующим образом (см. табл. 8.1.):

Таблица 8.1.

| Звездная величина | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------|----|----|-----|-----|------|------|
| Число звезд | 20 | 46 | 134 | 458 | 1476 | 4840 |

Общее число звезд до величины +16 оценивается приблизительно в **100 млн. звезд**.

Мореходная астрономия изучает лишь те немногие звезды, которые испускают свет достаточный, чтобы создавать в точке наблюдений освещенность, необходимую для использования астронавигационных приборов.

Морской астрономический ежегодник (МАЕ) дает сведения по **160** звездам, среди которых выделяются **50 наиболее ярких** и легко опознаваемых **навигационных звезд**.

Опыт показывает, что **морские астрономические наблюдения чаще всего обеспечиваются 20÷30 навигационными звездами:**

- Большая Медведица – α (* Дуббе), η (* Бенетнаш);
- Малая Медведица – α (* Полярная);
- Лев – α (* Регул), β (* Денеболя);
- Лебедь – α (* Денеб);
- Скорпион – α (* Антарес);
- Возничий – α (* Капелла);
- Орион – α (* Бетельгейзе), β (* Ригель);
- Большой Пес – α (* Сириус);
- Малый Пес – α (* Процион);
- Близнецы – α (* Кастор), β (* Поллукс);
- Арго (Киль) – α (* Канопус);
- Волопас – α (* Арктур);
- Дева – α (* Спика);
- Лира – α (* Вега);
- Орел – α (* Альтаир);
- Андромеда – α (* Альферас);
- Телец – α (* Альдебаран);
- Южный Крест – α (* Акрукс);
- Южная Рыба – α (* Фомальхаут);
- Павлин – α (* Пикок);
- Эридан – α (* Ахернар);
- Кит – β (* Диода).

Чтобы облегчить изучение звездного неба, с древних времен звезды разделялись на **условные группы**, называемые **созвездиями**. В названиях многих созвездий отражена греческая мифология: Большая Медведица, Андромеда, Кассиопея, Пегас, Персей и т.д., причем используются латинские названия созвездий.

Отдельные яркие звезды в каждом созвездии обозначаются греческими буквами с добавлением названия созвездия (* α Андромеды, * β Близнецов и т.д.). Самые яркие звезды имеют и собственные имена (*Сириус, *Арктур, *Капелла, *Вега, *Альдебаран и т.д. и всего 119 из 160 навигационных звезд).

В настоящее время звездное небо разделено на 88 созвездий, зафиксированных Международным астрономическим союзом в 1922 г.

Списки звезд с указанием (из них 49 навигационных) их координат называются **звездными каталогами**. Наиболее древний каталог, включающий 1000 звезд, был составлен во II веке н.э. александрийским астрономом **Птолемеем Клавдием** (87÷165 гг.). В XV веке узбекский астроном и математик, внук Тимура – **Улугбек**, уточнил положения всех звезд каталога Птолемея.

Звездные каталоги делятся на **звездные обозрения** (большое число звезд, но положение звезд дается с точностью до 0)1 и **точные каталоги** (число звезд меньше, но их координаты определены с наибольшей возможной точностью).

При изучении звездного неба используются **звездные карты** – изображения в определенных картографических проекциях небесной сферы или отдельных ее участков.

8.2.2. Созвездия и звезды Северного полушария

За основу изучения звездного неба северного полушария принимается созвездие **Большой Медведицы** (7 ярких звезд), которое напоминает очертаниями ковш с ручкой и довольно легко опознается на небесной сфере – рис. 8.4 (α – Дуббе-72; β – Мерак-71; γ – Фекда-75; δ – Мегрец-78; ε – Алиот-87; ζ – Мицар-91; η – Бенетнаш-94).

На продолжении линии, соединяющей звезды β (*Мерак) и α (*Дуббе) Большой Медведицы, отложив примерно пять расстояний между этими звездами, найдем отдельно расположенную, но не очень яркую звезду – **Полярную**, принадлежащую к созвездию **Малой Медведицы** (α – Полярная-160, β – Кохаб-106), звезды которого, за исключением Полярной, довольно слабые.

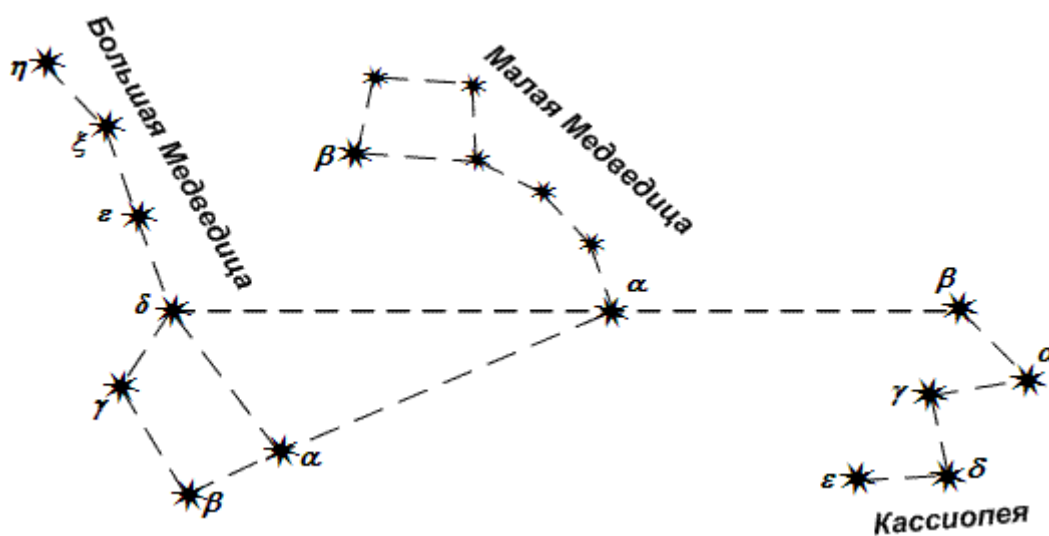


Рис. 8.4. Созвездия: Большая Медведица, Малая Медведица и Кассиопея

Если соединить звезду δ Большой Медведицы (*Мегрец) с Полярной и настолько же продолжить эту линию за Полярную, то обнаружим характерное созвездие **Кассиопеи** (α – Шедар; β – Кафф; γ – Цих-8; δ – Рукбах-10; ε – Сегин-12), пять звезд которого располагаются в виде буквы «W». Это созвездие хорошо выделяется на серебристом фоне Млечного Пути.

Отложив расстояние от α (*Дуббе) до β (*Мерак) Большой Медведицы ~ шесть раз найдем зодиакальное созвездие **Льва** (α – Регул; β – Денеболя-74; γ – Альгеба-68; δ – Цосма-73), яркие звезды которого имеют форму серпа (рис. 8.5).

На продолжении дуги, образующей ручку ковша Большой Медведицы, в сторону звезды η (*Бенетнаш), обнаружим яркую звезду Арктур $\rightarrow \alpha$ созвездия **Волопаса** (α – Арктур-99; γ – Харис-100; ε – Ицар-104; η – Муфрид-95).

Рядом с созвездием Волопаса расположено созвездие **Северной Короны** (α – Альфакка-111), имеющее характерную форму подковы, в середине которой находится ее самая яркая звезда α (*Альфакка).

Продолжив по дуге направление от η Большой Медведицы (Бенетнаш) за звезду α Волопаса (*Арктур) примерно на такое же расстояние, обнаружим созвездие **Девы** (α – Спика-92; γ – Поррим-Арих-85; ε – Виндемиатрикс-89).

На продолжении направления от β к α Большой Медведицы за Полярную звезду и созвездие Кассиопеи встретим созвездие **Пегас** (α – Маркаб-159; β – Сеат-158; γ – Альгениб-3; ε – Эниф-152), имеющее вид большого квадрата, в вершинах которого расположены яркие звезды α – Маркаб и β – Сеат (рис. 8.6).

Звезда α (*Альферас), которая находится в одном из углов квадрата Пегаса принадлежит созвездию **Андромеды** (α – Альферас-1; β – Мирах-9; γ – Альмак-15;).

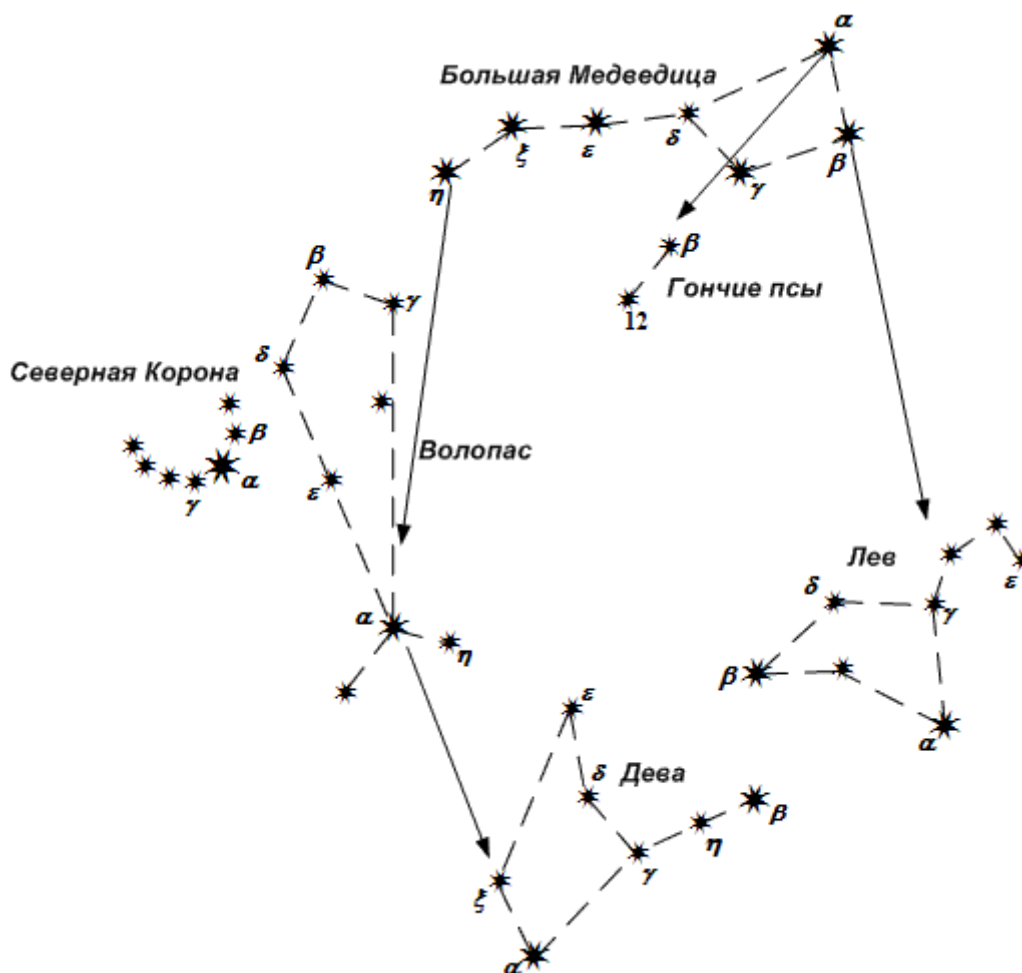


Рис. 8.5. Созвездия: Большая Медведица, Гончие Псы, Волопас, Северная Корона, Дева и Лев

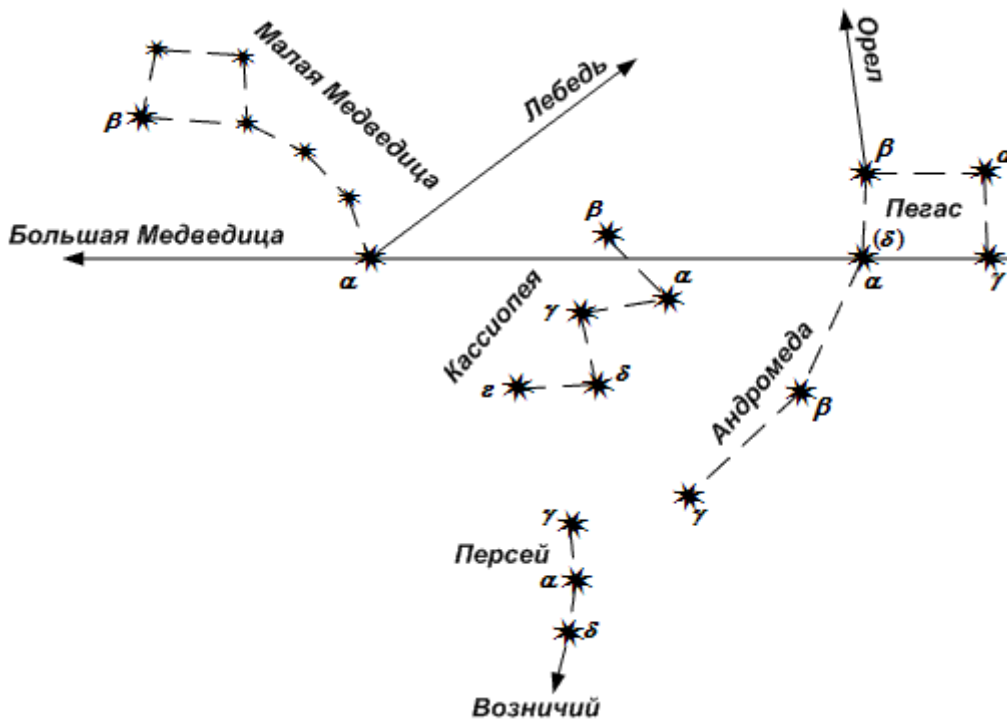


Рис. 8.6. Созвездия: Малая Медведица, Кассиопея, Орел, Пегас, Андромеда и Персей

По диагонали ковша Большой Медведицы « δ - β » (*Мегрец-*Мерак), примерно в четырех-пяти расстояниях между этими звездами, расположено созвездие Близнецов (α – Кастор-54; β – Поллукс-56; γ – Альхена-45), яркие звезды которого α – Кастор и β – Поллукс (рис. 8.7).

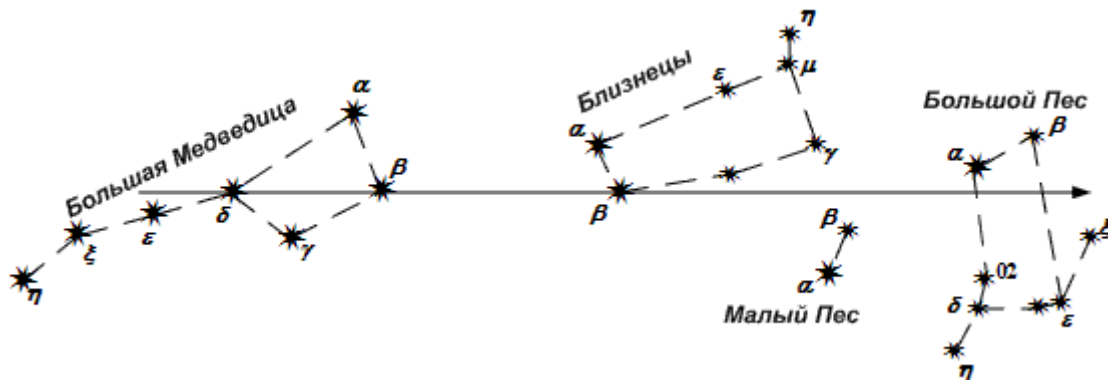


Рис. 8.7. Созвездия: Большая Медведица, Близнецы, Малый Пес и Большой Пес

Продолжая направление за *Поллукс созвездия Близнецов еще на четыре расстояния между δ и β Большой Медведицы, обнаружим созвездие **Большого Пса** (α – Сириус-46; β – Мирзам-43; δ – Вецен-50; ϵ – Адхара-48; η – Алудхра-52) с самой яркой звездой всего неба α – Сириус. Примерно на середине расстояния между Поллуксом и Сириусом находится созвездие **Малого Пса** (α – Процион-55; β – Гамейза-53) с яркой звездой α – Процион.

Примерно в 5-6 расстояниях между δ и α (*Мерак и *Дуббе) Большой Медведицы, расположено созвездие (рис. 8.8) **Возничего** (α – Капелла-28; β – Менкалинан-41; θ -б/н-42; ι – б/н-25), α которого очень яркая звезда Капелла. Эту звезду можно опознать так же по приметному вытянутому треугольнику слабых звезд поблизости.

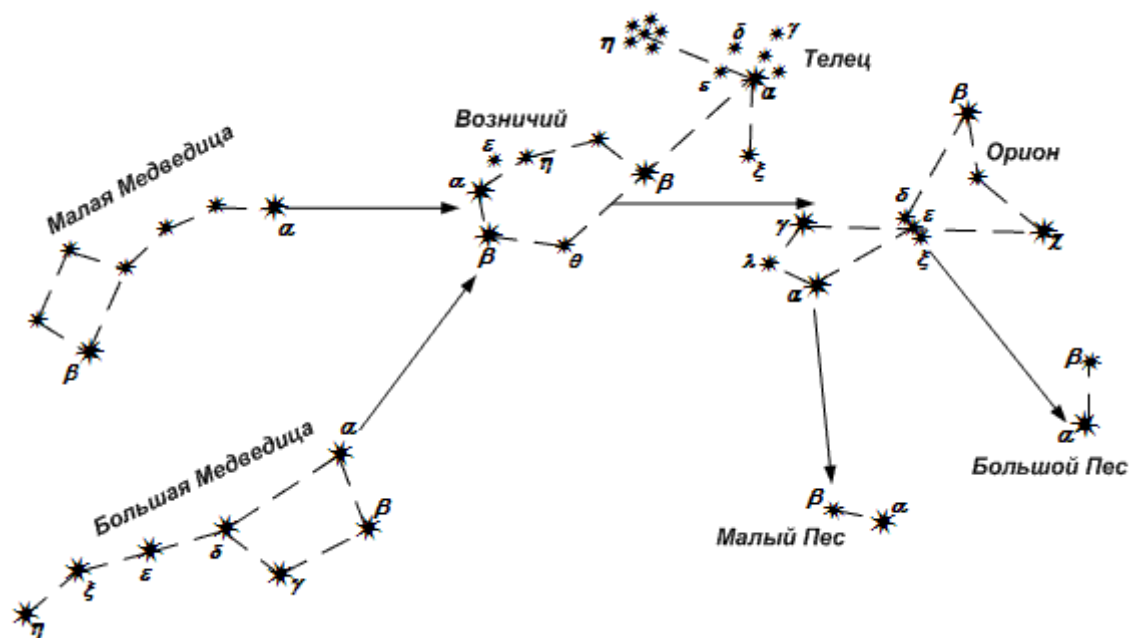


Рис. 8.8. Созвездия: Возничий, Телец и Орион

На продолжении линии «Полярная-Капелла» находится созвездие **Орион** (α – Бетельгейзе-40; β – Ригель-27; γ – Беллятрикс-29; δ – Минтака-32; ϵ – Альнилам-35; ζ – Альнитак-38; χ – Сайф-39; ι – б/н-34), хорошо видимое осенью и зимой. Его яркие звезды: α – Бетельгейзе, β – Ригель, γ – Беллятрикс. Это созвездие имеет форму большой трапеции, а три небольшие звезды по середине его – **Пояс Ориона** или **Три Волхва**.

На продолжении линии « γ - α » Ориона, в четырех расстояниях между ними, так же можно найти уже упомянутую *Процион (α Малого Пса).

Продолжение пояса Ориона (« δ - ϵ - ζ ») покажет другим путем Сириус (α Большого Пса).

На продолжении пояса Ориона (« ζ - ϵ - δ ») в сторону, обратную Сириусу, на такое же расстояние найдем (рис. 8.8) красноватую звезду **Альдебаран** созвездия **Тельца** (α – Альдебаран-24, β – Нат-30, η – Альциона-21, ζ – б/н-36).

На середине расстояния между *Альдебаран (α Тельца) и созвездием Кассиопея находится (рис. 8.9) созвездие **Персея** (α – Мирфак-20; β – Альголь-19; ζ – Менкхиб-22, ϵ – б/н-23), его яркая звезда – α (***Мирфак**).

Созвездия Тельца и Персея можно обнаружить по хорошо приметному скоплению **Плеяды**, расположенному между ними в виде густой россыпи мелких звезд (народное название – **Стожары**).

Между созвездиями Тельца и Андромеды находится созвездие **Овен** (α – Хамаль-16; β – Шератан-13) и малоприметное созвездие **Треугольник** (рис. 8.9).

От звезды γ (*Фекда) через звезду δ (*Мегрец) созвездия Большой Медведицы, в 15-16 расстояниях между ними, в районе Млечного Пути расположено созвездие **Орла** (α – Альтаир-146; γ – Редха-145; ζ – б/н-142), яркая звезда которого – α (***Альтаир**). Недалеко от этой линии, ближе к *Альтаир – яркая звезда **Вега** – α созвездия **Лиры** (139), а по другую сторону на Млечном Пути – созвездие **Лебедя** (α – Денеб-149; γ – Садир-147; δ – б/н-144; ϵ – б/н-150) в виде летящей птицы.

Звезды **Денеб** (α Лебедя-149), **Альтаир** (α Орла-146) и **Вега** (α Лиры-139) образуют так называемый **Треугольник Больших звезд**, хорошо приметный по его расположению на Млечном Пути (рис. 8.10).

В районе между созвездиями Большой Медведицы, Малой Медведицы и Лиры можно найти созвездие **Дракона** (α – Альваид-128; γ – Эльтанин-134; η – б/н-116) – в виде длинной ленты начинающейся между Большой и Малой Медведицами и кончающейся недалеко от звезды Вега (α – Лиры).

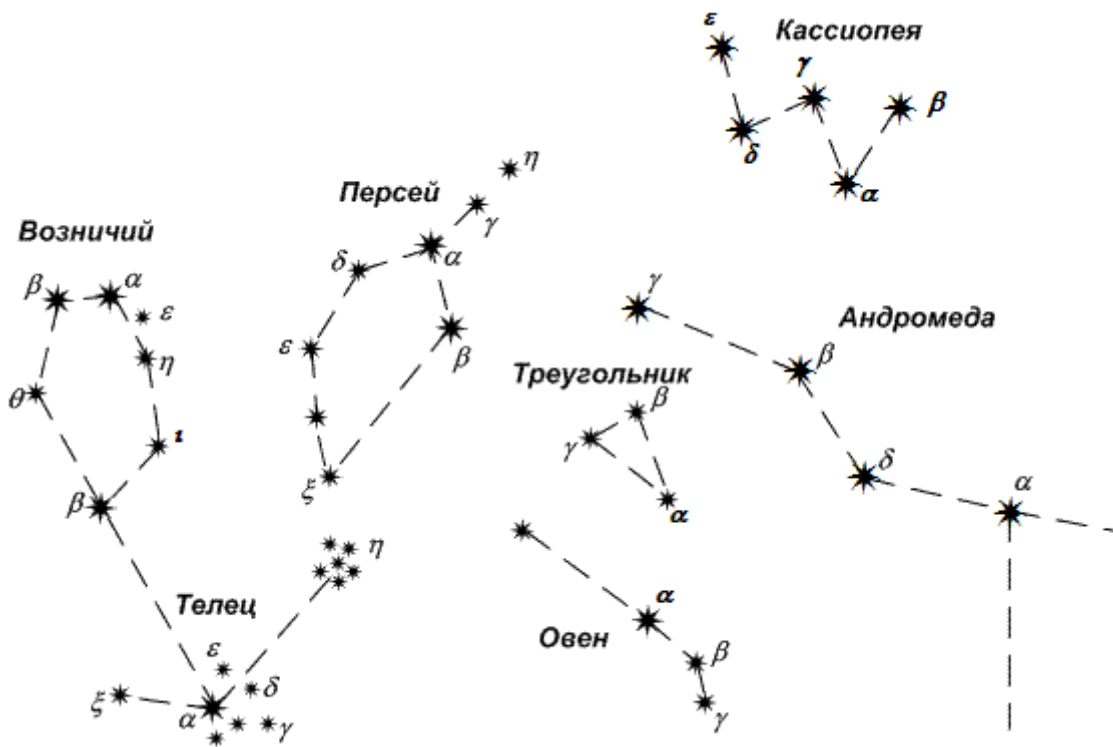


Рис. 8.9. Созвездия: Телец, Возничий, Персей, Кассиопея, Андромеда, Треугольник и Овен

На линии соединяющей звезды α и γ Большой Медведицы, примерно в одном – двух расстояниях между ними, находится малоприметное созвездие **Гончие Псы** (α – Кор Кароли-88).

На продолжении линии, соединяющей звезды α Большой и Малой Медведицы находится созвездие **Цефей** (α – Альдерамин-151) (рис. 8.10).

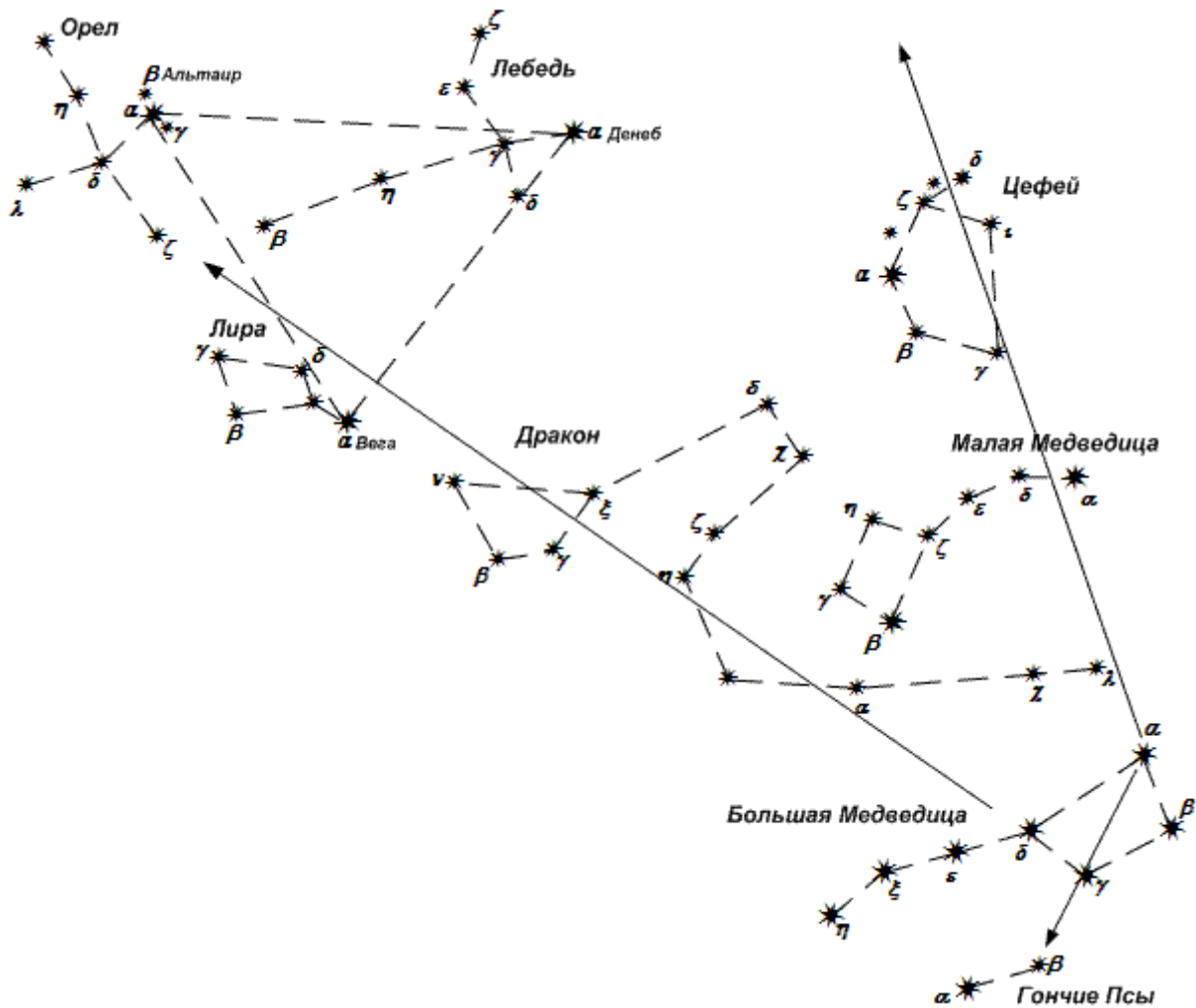


Рис. 8.10. Созвездия: Цефей, Дракон, Лира, Лебедь и Орел

В районе между созвездиями Дракона, Лиры и Северной Короны находится малоприметное созвездие **Геркулес** (α – Рутиликус-118; ζ – б/н-121).

Под созвездием Северной Короны – малоприметное созвездие **Змея** (α – Унук-Эльхайя-112) (рис. 8.11).

По направлению от созвездия Северной Короны через созвездие Змеи – созвездие **Весы** (α – Цубен-Ельгенуби-105; β – Цубен-Эльшемали-109).

Между созвездиями Орла и Весов – созвездие **Змееносца** (α – Расальхагуэ-130; β – Кельб-Альраи-133; δ – Йед-Приор-115; ζ – б/н-120; η – Сабик-125).

На продолжении линии, соединяющей созвездия Геркулеса и Змееносца, на линии соединяющей звезды β и γ созвездия Весов находим созвездие **Скорпиона** (α – Антарес-117; β – Акраб-114; δ – Дшубба-113; ε – б/н-123; θ – б/н-131; λ – б/н-132; λ – Жаула-129; τ – б/н-119) с яркой звездой α – Антарес.

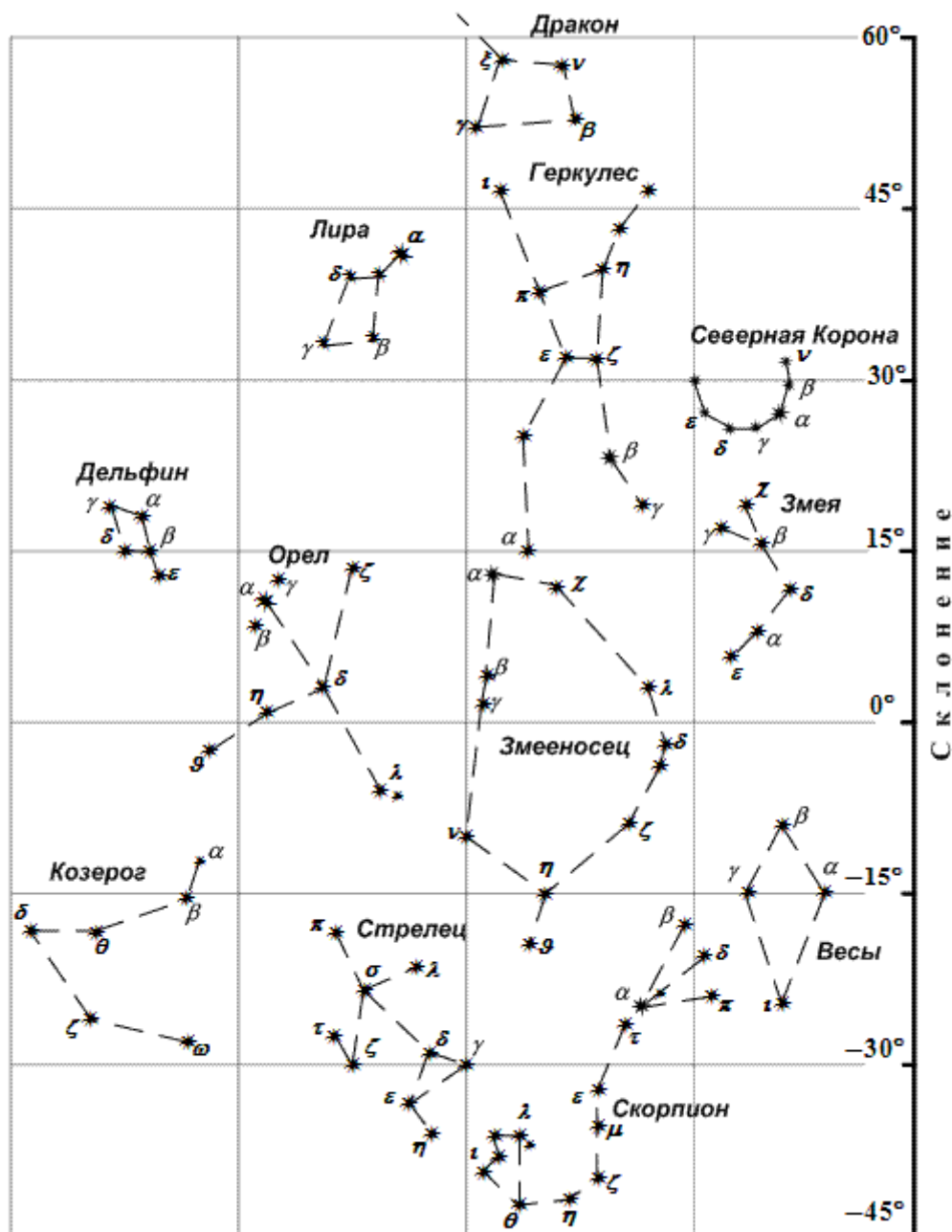


Рис. 8.11. Созвездия: Геркулес, Дельфин, Змея, Змееносец, Орел, Козерог, Стрелец, Скорпион и Весы

Между созвездиями Орла и Скорпиона находится созвездие **Стрельца** (γ – Наж-135; β – Каус-Медиус-136; ε – Каус-Астралис-137; ζ – Асцелла-141; λ – Каус-Бореалис-138; π – б/н-143; δ – Нунки-140).

На продолжении линии соединяющей созвездия Лиры и Орла – созвездие **Козерога** (δ – Денеб-Альгиеди-153) (рис. 8.11).

8.2.3. Созвездия и звезды Южного полушария

Опознавать звезды Южного полушария лучше всего, взяв за основу созвездия Ориона и созвездия Южного Креста.

Созвездие Южный Крест (α – Акрукс-80; β – Мимоза-86; γ – Гакрукс-81; δ – Декрукс-77) имеет хорошо приметную форму неправильного креста из четырех звезд, α (*Акрукс) и β (*Мимоза) которого вполне пригодны для наблюдений (рис. 8.12).

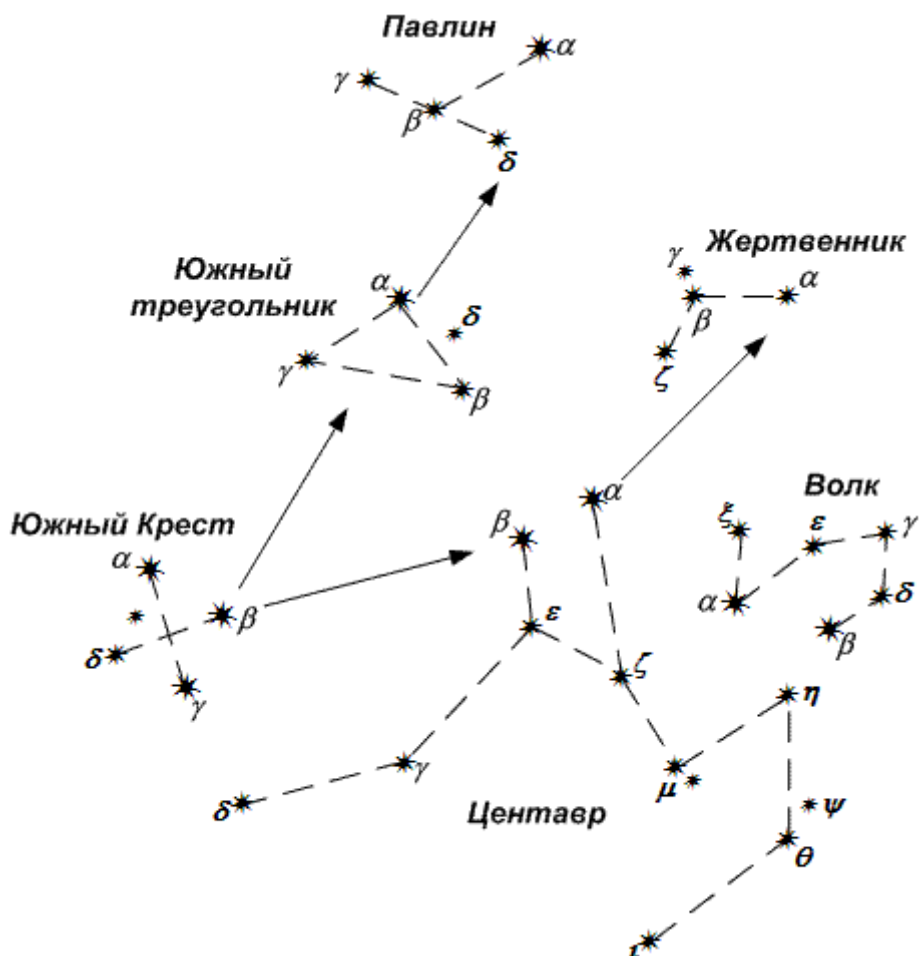


Рис. 8.12. Созвездия: Павлин, Ю. Треугольник, Жертовенник, Южный Крест, Центавр и Волк

По направлению « δ - β » (*Декрукс - *Мимоза) Южного Креста, в двух расстояниях между ними, расположены две яркие звезды α (Регил-Кентавр) и β (Хадар) созвездия Центавра (α – Регил-Кентавр-102; β – Хадар-97; γ – Мухлифайн-84; δ – б/н-76; ϵ – б/н-93; ζ – б/н-96; η – б/н-101; θ – Менкент-98; ι – б/н-90).

По линии « γ - β » (*Гакрукс - *Мимоза) Южного Креста, в пяти расстояниях между ними, находится пригодная для наблюдений звезда Атрия – α Южного Треугольника (α – Атрия-122; γ – Гатрия-108).

На продолжении направления «Южный Крест – Южный Треугольник» еще на пять расстояний между γ (*Гакрукс) и β (*Мимоза) Южного Креста за Южный Треугольник, расположена звезда Пикок – α Павлина-148.

По линии « β - α » (*Хадар – *Регил-Кентавр) созвездия Центавра, в пяти расстояниях между ними, находится звезда α (*Тит) созвездия Жертовенник (α – Тит-127; β – б/н-126; ζ – б/н-124).

По направлению звезд « ϵ - χ » (*Альнилам – *Сайф) созвездия Ориона, в пяти-шести расстояниях между ними (за созвездием Большой Пес), находится созвездие Корабль Арго (α – Каноус-44; β – Миаплацидус-63; γ – б/н-59; δ – б/н-61; ϵ – Авиор-60; ζ – б/н-57; θ – б/н-69; ι – Туреис-64; λ – Сухаиль-62; μ – б/н-70; π – б/н-51; ρ – б/н-58; τ – б/н-47; ν – б/н-66). Его звезда α (*Каноус) – вторая по яркости на всем небе после звезды Сириус (α Большого Пса). Созвездие Корабль Арго (Арго) разбито на четыре отдельных созвездия: Киль, Корма, Компас и Парус, причем звезда Каноус принята как α Киля (рис. 8.13).

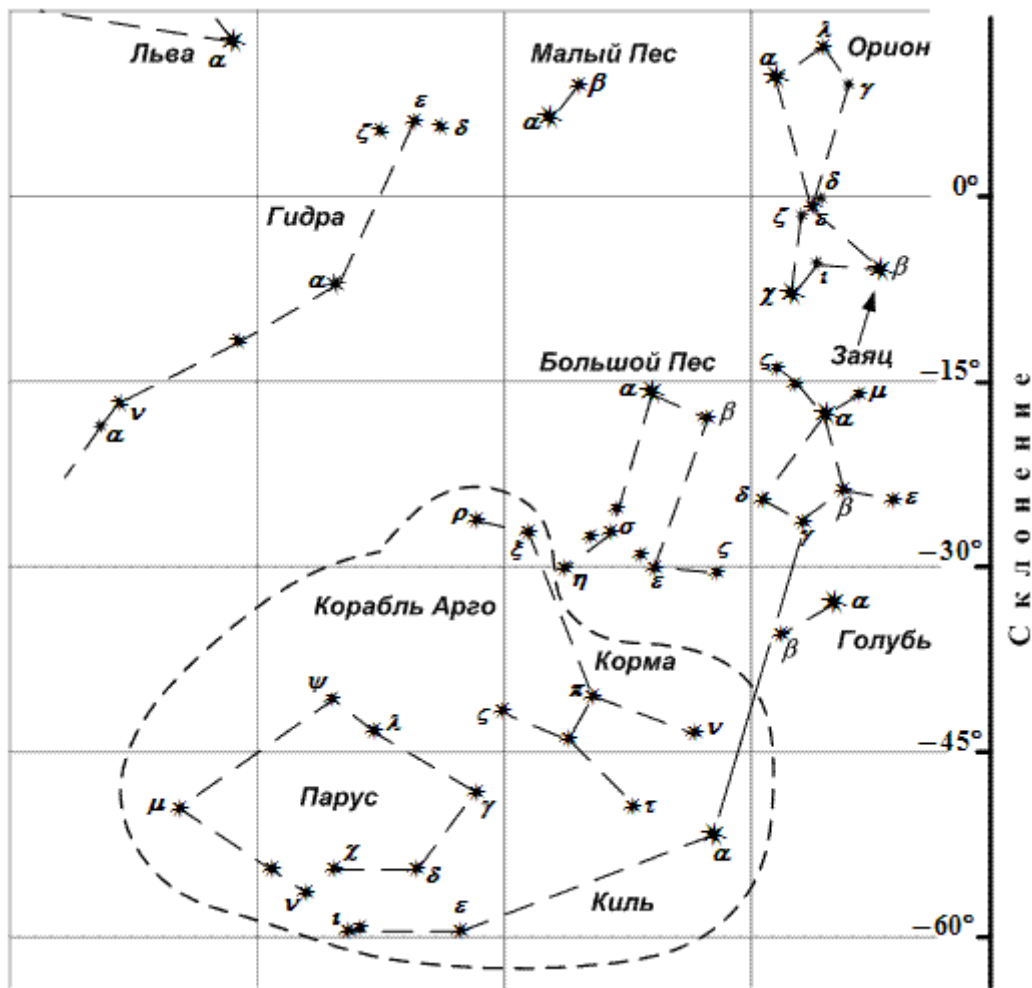


Рис. 8.13. Созвездия: Корабль Арго (Киль, Корма, Компас, Парус), Голубь, Заяц и Гидра

Посередине между звездами α Льва и α Малого Пса начинается созвездие Гидры, звезда α (*Альфард-65) которого пригодна для наблюдений.

На линии, соединяющей звезды Канопус (α Арго-44) и Ригель (β Ориона-27), ближе к Канопусу, найдем малоприметное созвездие Голубя (α – Факт-37), α которого пригодна для наблюдений.

Между созвездиями Ориона и Голубя находится созвездие Заяц (α – Ариб-33, β - Нихаль-31) (рис. 8.13).

Недалеко от звезды Ригель (β Ориона-27) находим звезду Курса – β созвездия Эридан (α – Ахернар-11; β - Курса-26; θ – Акамар-17), звезду α которого (*Ахернар-11) можно найти по направлению « δ – β » (*Минтака – *Ригель) Ориона, примерно в пяти расстояниях между ними.

По направлению « ϵ – β » (*Альнилам – *Ригель) Ориона, в шести-семи расстояниях между ними располагается яркая звезда Фомальхаут-157 – α Южной Рыбы.

На линии соединяющей звезды « γ – α » (*Гакрукс – *Акрुकс) Южного Креста, примерно в одном расстоянии между ними, находится малоприметное созвездие Муха (α – б/н-83). Продолжая эту линию еще на пять расстояний « γ – α » Южного Креста – найдем малоприметное созвездие Южная Гидра (α – б/н-14; β - б/н-4).

Следуя этим направлением (« γ – α » Ю. Креста) далее за звезду Ахернар (α Эридана) на одно-два расстояния « γ – α » Южного Креста найдем малоприметное созвездие Феникс, звезда α которого (Анкаа-5) пригодна для наблюдений.

В направлении от α Центавра (*Регил- *Кентавр) к α Южной Рыбы (*Фомальхаут), недалеко от последней, две звезды средней яркости – α (*Ал Наир-154) и β (б/н-156) созвездия Журавля.

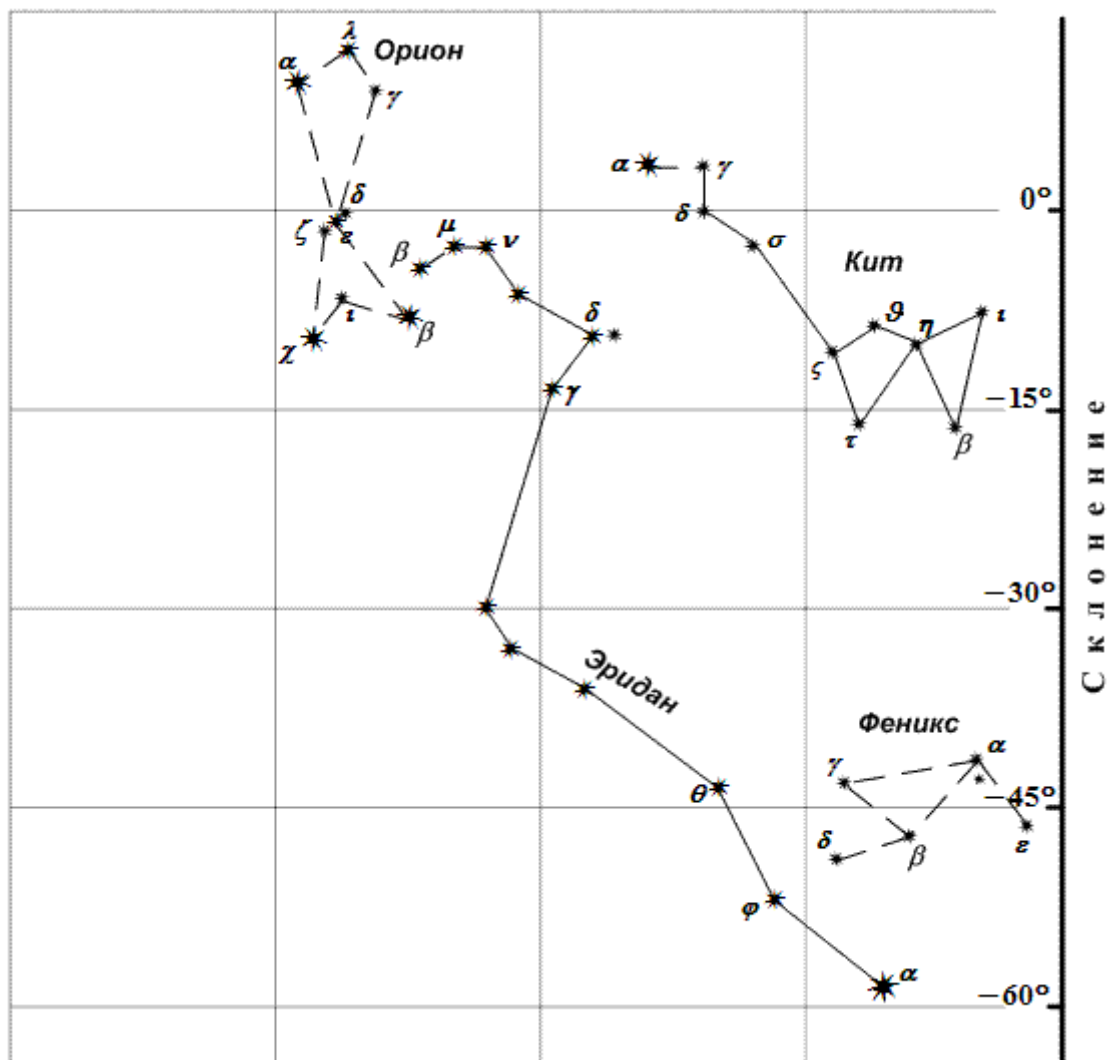


Рис. 8.14. Созвездия: Кит, Эридан и Феникс

На линии, соединяющей звезду Пикок (α Павлина) и звезду β Феникса, примерно посередине между ними, найдем малоприметное созвездие **Тукан** (α – б/н-155); α которого пригодна для наблюдений.

Левее линии соединяющей звезды « α – η » Центавра найдем малоприметное созвездие **Волк** (α – б/н-103; β - б/н-107; γ – б/н-110).


Продолжая линию, соединяющую звезды « χ – β » Ориона за созвездие Эридан, найдем малоприметное созвездие **Кит** (α – Менкар-18; β - Дифда-7), α и β которого пригодны для наблюдений (рис. 8.14).

На линии, соединяющей звезду α Девы (*Спика) и звезду ζ Гидры, найдем малоприметное созвездие **Ворон** (β - Крац-82; γ – Гьенах-79), β и γ которого пригодны для наблюдений.

Примечание:

1. Рядом с собственным именем звезды дается его порядковый номер по МАЕ.
2. В описание внесены все 49 созвездий и 160 навигационных звезд, включенные в Морской Астрономический Ежегодник (МАЕ).

Выводы

1. Звездный глобус – модель небесной сферы с нанесенными на его поверхность основными созвездиями и звездами, небесным экватором, эклиптикой, небесными меридианами и параллелями.
2. Звездный глобус, как мореходный прибор, предназначен для приближенного решения задач мореходной астрономии, основными из которых являются:
 - определение наименования звезды по ее « h » и « A »;
 - определение « h » и « A » светила на $T_{зд}$;
 - определение A .
3. Звездное небо разделено на 88 созвездий. Экваториальные координаты 160 навигационных звезд на любой момент времени определяются с помощью МАЕ.
4. Для уверенного решения задач мореходной астрономии нужно хорошо знать карту звездного неба; названия и расположение основных созвездий и навигационных звезд.

ГЛАВА 9. НАВИГАЦИОННЫЙ СЕКСТАН. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И ВЫСОТ СВЕТИЛ

9.1. Принцип действия, устройство и правила эксплуатации СНО

9.1.1. Краткая история навигационного секстана

В мореходной астрономии приборы и устройства, предназначенные для измерения высот светил, называют **секстанами**.

По устройству и назначению секстаны подразделяются на:

- *навигационные;*
- *промерные;*
- *интегрирующие;*
- *перископические;*
- *автоматизированные.*

Навигационный секстан – это ручной оптический прибор, предназначенный для измерения высот светил над видимым морским горизонтом, а так же горизонтальных углов между двумя ориентирами с целью определения места и вертикального угла ориентира.

Предшественниками навигационного секстана являлись гномон, астрономический посох, трикварт, астролябия, квадрант, универсальный квадрант, морской квадрант, двойной квадрант и октант.

Гномон (рис. 9.1) – самый древний угломерный астрономический инструмент, представляющий из себя вертикальный стержень (L), отбрасывающий тень (l) на горизонтальную плоскость. Зная длину гномона (L) и измерив длину его тени (l), можно найти угловую высоту Солнца над горизонтом.

За 1000 лет до нашей эры, в Египте, был построен гномон в виде обелиска высотой в 117 римских футов (позже перевезен в Рим на Марсово поле для определения момента полдня). В 13 веке в Пекине был установлен гномон высотой 13 метров. Улугбек в 15 веке использовал гномон высотой 55 метров. Гномон на куполе Флорентийского собора в 15 веке имел общую высоту 90 метров.

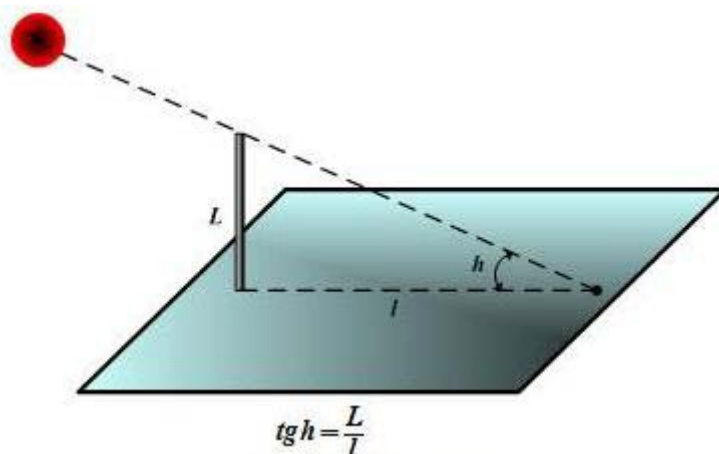


Рис. 9.1. Гномон

Астрономический посох (рис. 9.2) – древнейший угломерный инструмент, представляющий из себя длинную рейку (AB) с градусными делениями и более короткую (CD), перпендикулярную первой, подвижную рейку. По положению подвижной рейки относительно глаза наблюдателя (т. A) можно было судить о высоте светила над горизонтом, или об угле между направлениями на две звезды.

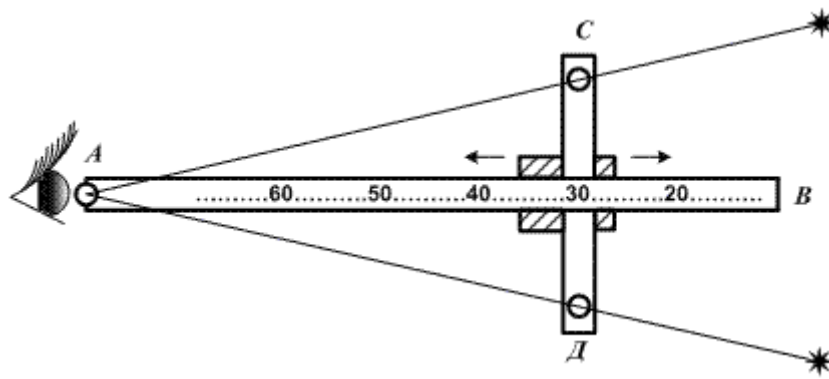


Рис. 9.2. Астрономический посох

Трикверт (рис. 9.3) – древний угломерный инструмент греческих астрономов для определения зенитных расстояний звезд.

С помощью визиров m и n линейка BC наводится на звезду. Подвижная линейка AC устанавливается так, чтобы $BA = BC$. Измерив длину AC по специальной таблице находилось значение угла $\alpha = Z = 90^\circ - h$.

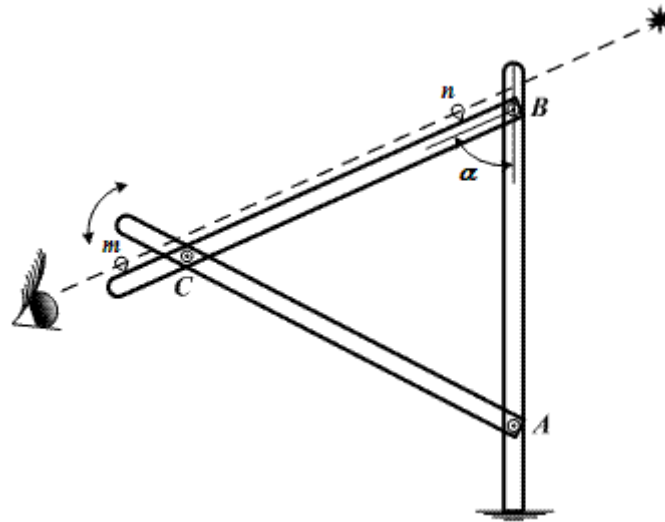


Рис. 9.3. Трикверт

Астролябия (рис. 9.4) – разделенный на градусы металлический круг, подвешенный к опоре. В центре круга укреплена алидада – вращающаяся линейка с двумя диоптрами.

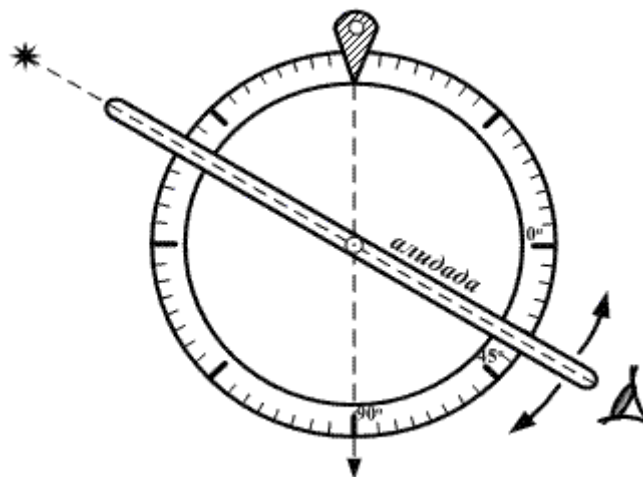


Рис. 9.4. Астролябия

Квадрант – угломерный инструмент, достигший к концу средневековья высокой степени совершенства.

Чем крупнее квадрант, тем точнее его градуировка и установка в вертикальной плоскости (рис. 9.5).

В обсерватории Улугбека дуга квадранта имела радиус 40,2 м.

квадрант – 1/4 часть круга;

секстант – 1/6 часть круга;

октант – 1/8 часть круга.

Универсальный квадрант – угломерный астрономический прибор с неподвижной и вращающейся вокруг центра трубами – диоптрами, для измерения углов между направлениями на два светила.

Англичанин **Роберт Гук** (1635÷1703) предложил инструмент для измерения углов с двумя отражательными зеркалами и двумя зрительными трубами.

В 1742 г., после смерти **Исаака Ньютона** (1643÷1727), в его бумагах найдено сделанное им описание астрономического инструмента (медный сектор с дугой в 45° и двумя зеркалами).

Англичанин **Гадлей** (1682÷1744) в мае 1731 года продемонстрировал свой зеркальный октант.

Американец **Томас Годфрей** (1704÷1749) в мае 1732 года изготовил «морской квадрант».

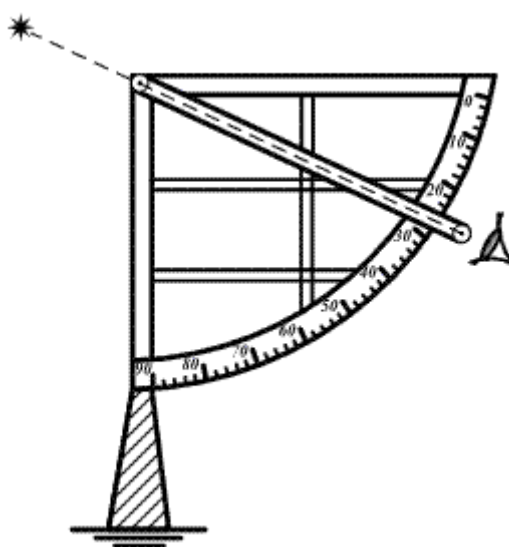


Рис. 9.5. Квадрант

М.В. Ломоносов (1711÷1765), 8 мая 1759 года, предложил «двойной квадрант» с искусственным горизонтом.

Англичанин **Рамсен** довел секстан до такого совершенства, что точность замера высоты доходила до $10''$.

Секстан работы русского механика–самоучки **А. Самойлова** (1790÷1859) не уступал английскому, а секстан, разработанный в 1912 году мастером **Монаковым** превосходил английский.

9.1.2. Принцип действия навигационного секстана

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. 9.6 показано светило σ , высоту (h) которого нужно измерить.

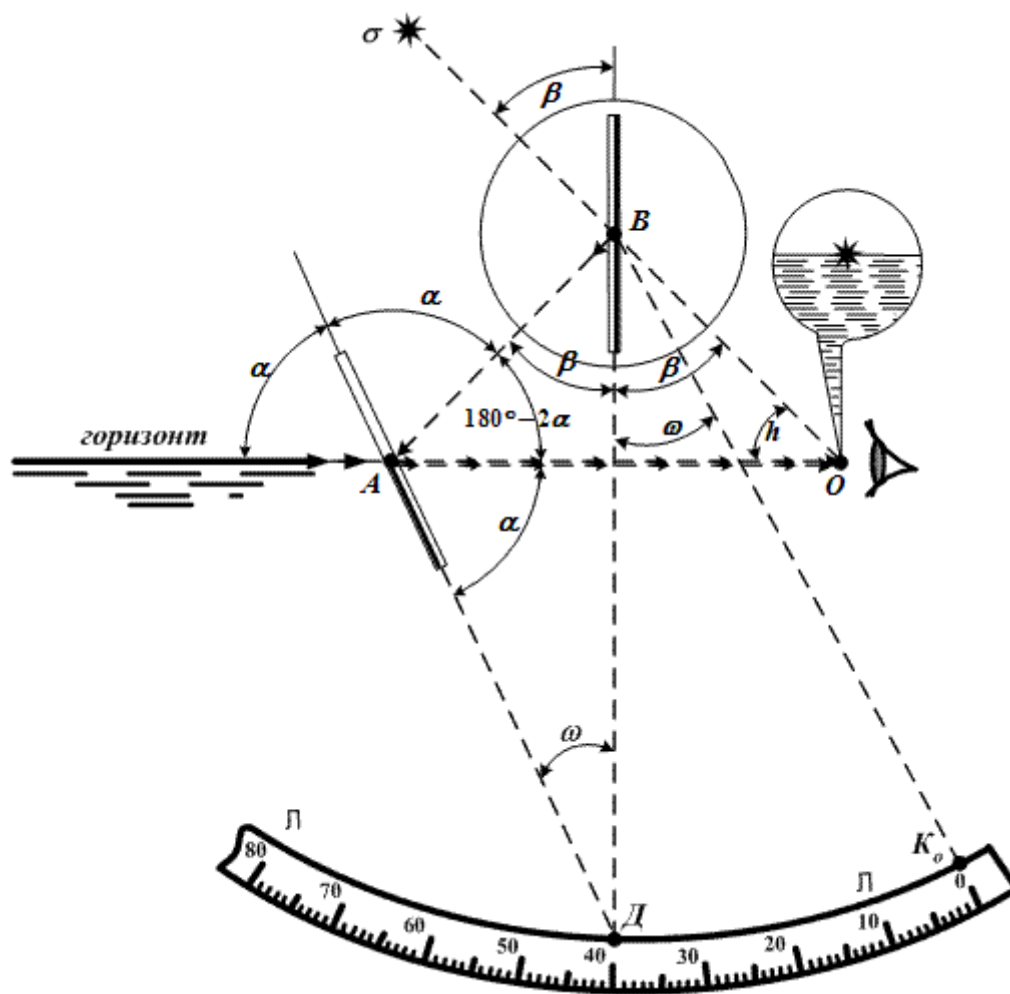


Рис. 9.6. Принцип действия СНО

Высота светила – это угол в плоскости вертикала светила между линией горизонта и направлением на светило.

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).

Следовательно, по углу разворота подвижного зеркала «В» можно определить численное значение высоты (h) светила.

Зависимость измеряемого угла h от угла разворота подвижного зеркала «В», относительно неподвижного зеркала «А» (угла ω), определяется из треугольников АОВ и АВД:

а. В $\Delta АОВ$: 1) $\angle АОВ = h$; 2) $\angle АВО = 2\beta$; 3) $\angle ВАО = 180^\circ - 2\alpha$,

а, так как, $h + 2\beta + (180^\circ - 2\alpha) = 180^\circ$, то: $h = 2\alpha - 2\beta$, то есть:

$$h = 2(\alpha - \beta) \quad (9.1)$$

б. В $\triangle ABD$: 1) $\angle ABD = \beta$; 2) $\angle BAD = 180^\circ - \alpha$; 3) $\angle BDA = \omega$,

а, так как, $\beta + \omega + (180^\circ - \alpha) = 180^\circ$, то

$$\omega = \alpha - \beta \quad (9.2)$$

Если $h = 2(\alpha - \beta)$, а $\omega = \alpha - \beta$, то

$$h = 2\omega \quad (9.3)$$

Таким образом, при совмещении прямолинейного горизонта и дважды отраженного изображения светила, измеренный угол равен удвоенному углу между плоскостями зеркал, то есть $h = 2\omega$.

Остается найти способ «измерения» угла ω . Для этого из точки B опишем дугу окружности $ЛЛ$ и назовем ее лимбом. Расположим алидаду с большим зеркалом «В» параллельно плоскости малого зеркала «А» и отметим на лимбе точку K_0 – истинное место нуля на лимбе, соответствующее параллельному положению зеркал.

Таким образом, отсчет измеренного угла h должен быть прочитан на лимбе, при этом полуградусные деления лимба удобно оцифровывать целыми градусами, чтобы избежать удвоения отсчета для получения значения h .

Для отсчета угла ω служит азимутный лимб (целые градусы) и отсчетный барабан, полный оборот которого смещает индекс алидады ровно на 1° по азимутальному лимбу. Цена деления отсчетного барабана – одна минута. Десятые доли минуты определяются наблюдателем «на глаз».

Если зеркала «А» и «В» параллельны друг другу, то отсчет по лимбу и отсчетному барабану равен нулю ($0^\circ 00,0'$).

Современным навигационным секстаном можно измерять углы до 140° .

9.1.3. Устройство и правила эксплуатации навигационного секстана

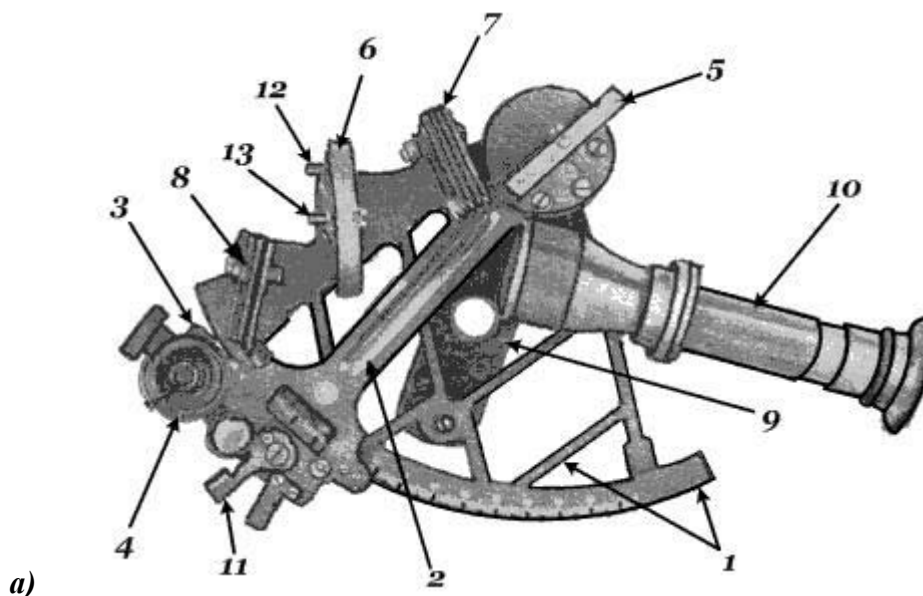


Рис. 9.7. Навигационный секстан (а)

1. В навигационном секстане различают следующие части (рис. 9.7):

- раму с азимутальным лимбом (1);
- алидаду (2);
- отсчетное устройство (3);
- осветительное устройство (4);

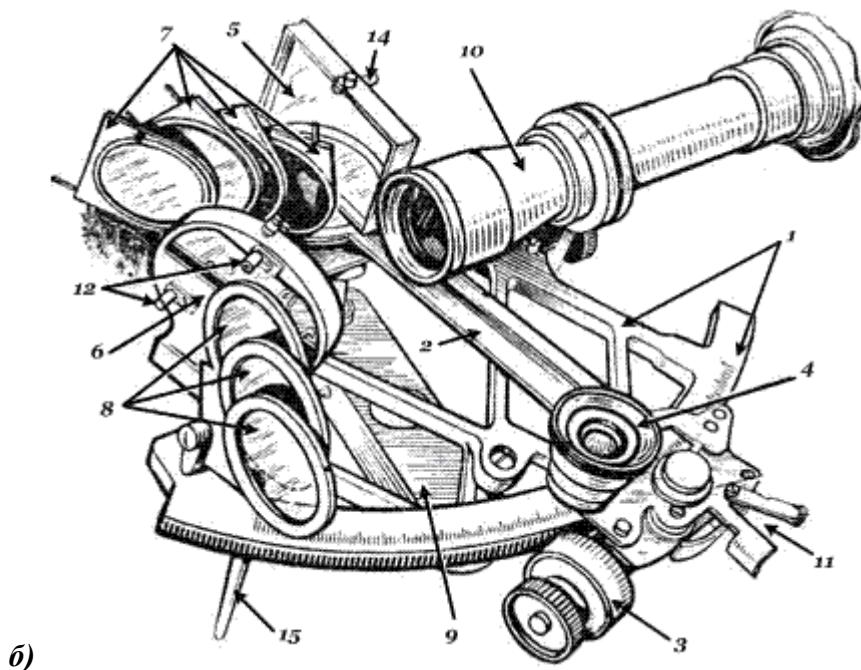


Рис. 9.7. Навигационный секстан(б)

- большое (подвижное) зеркало (5);
- малое (неподвижное) зеркало (6);
- набор светофильтров перед большим зеркалом (7);
- набор светофильтров позади малого зеркала (8);
- рукоятку секстана (9);
- зрительную трубу (10).

2. В комплектацию навигационного секстана входят:

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

3. Основные правила обращения с секстаном:

- хранить только в закрытом футляре;
- не подвергать резким переменам температуры, случайным толчкам, ударам при качке и воздействию сырости;
- при попадании на секстан воды возможно скорее убрать ее куском мягкой, чистой и сухой ветоши;
- не касаться руками зеркал, стекол светофильтров и оптики зрительной трубы;
- брать секстан руками только за рукоятку и корпус рамы;
- перед установкой алидады ее следует вначале отстопорить (11);
- устанавливая секстан на горизонтальную поверхность только на специальные «ножки» рамы (15);
- не допускать при работе даже самых незначительных ударов.

4. Подготовка секстана к наблюдениям:

- 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 параллельность оптической оси трубы плоскости азимутального лимба (1-я выверка);
- 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).

Инструментальная погрешность секстана № 4128

Образец

| ОС | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° |
|-----|----|-----|------|------|-----|-----|------|------|
| S | 0 | +6" | +12" | +18" | +9" | -6" | -12" | -18" |

Примечание:

1. Значение S указывается в дуговых секундах. Для перевода в дуговые минуты: $1' = 60''$; $0,1' = 6''$.
2. Для значений высот, не указанных в таблице, S находится путем интерполирования.

Например: ОС = $36^{\circ}10,2'$, $S = +0,2'$ ($\sim +12''$).

9.2. Выверки навигационного секстана

9.2.1. Проверка параллельности оптической оси зрительной трубы плоскости азимутального лимба

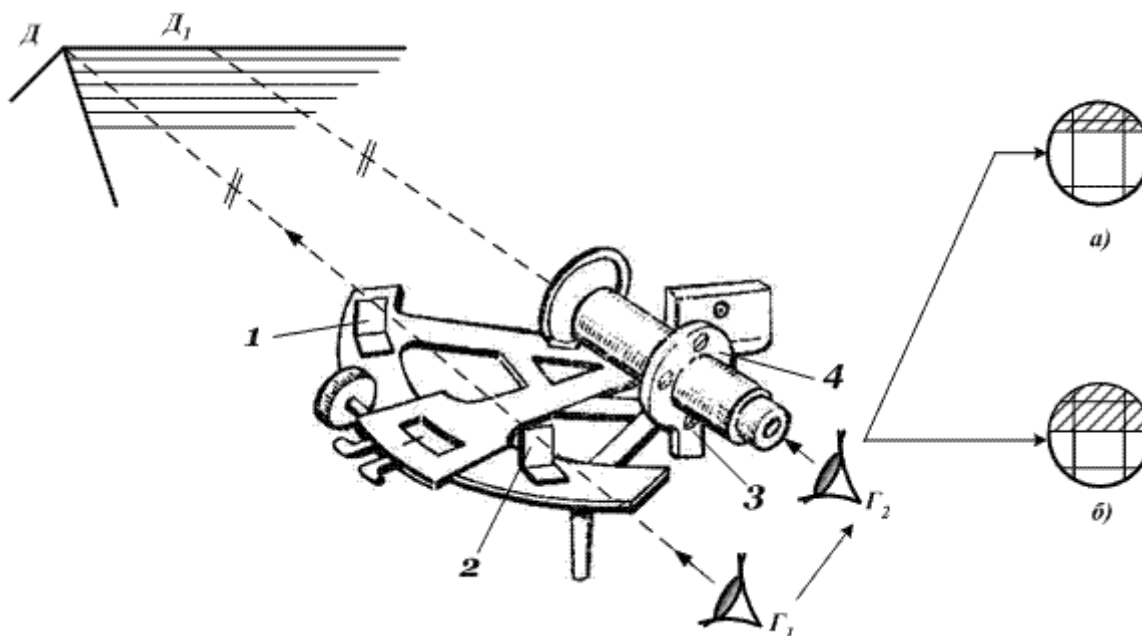


Рис. 9.8. Проверка параллельности оси зрительной трубы плоскости азимутального лимба

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

Секстан с установленной зрительной трубой ставят на горизонтальное основание (рис. 9.8). Отстопорив алидаду, устанавливают ее в среднее положение (отсчет по лимбу $50^{\circ} \div 70^{\circ}$). 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. 9.8б).

Если изображение выбранной горизонтальной поверхности смещено относительно центра зрительной трубы (рис. 9.8а), 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. 9.8б). В этом случае оптическая ось зрительной трубы будет параллельна плоскости азимутального лимба.

9.2.2. Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба

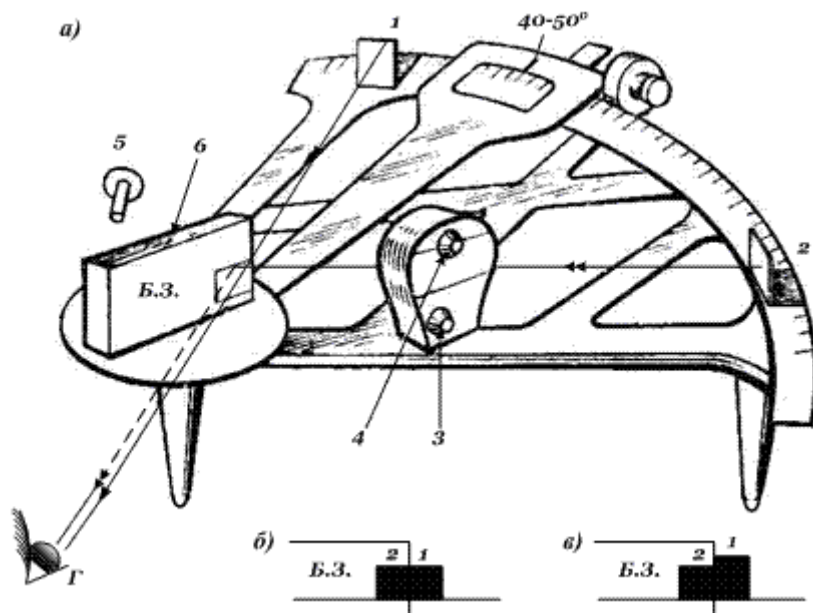


Рис. 9.9. Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба

Эта выверка выполняется перед каждым наблюдением. Для ее выполнения необходимо (рис. 9.9):

1. установить секстан на ножки на горизонтальное основание (без зрительной трубы);
2. отстопорив алидаду, установить ее на отсчет $\approx 40^{\circ} \div 50^{\circ}$;
3. на азимутальный лимб секстана у отсчетов $\sim 0^{\circ}$ и $\sim 120^{\circ}$ установить диоптры (1, 2);
4. посмотреть на секстан со стороны большого зеркала (Б.З.) таким образом, чтобы:
 - а. луч зрения проходил через правый срез большого зеркала и был параллелен плоскости рамы;
 - б. правый срез большого зеркала «скрывал» левую половину левого (1) диоптра (наблюдается прямовидимо только правая половина левого диоптра);
5. 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. 9.9б) \rightarrow большое зеркало перпендикулярно плоскости азимутального лимба.

Если наблюдаемые верхние срезы диоптров не совпадают (рис. 9.9в) \rightarrow вращением регулировочного винта (5) большого зеркала (6), совместить края диоптров так, как показано на рис. 9.9б).

Примечание:

Регулировочный ключ (5) «вставляется» в специальное гнездо 14 (рис. 9.7) с тыльной стороны большого зеркала.

9.2.3. 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 ее по Солнцу необходимо:

1. Навести зрительную трубу на резкость, и установить ее на штатное место в специальное гнездо секстана.
2. Алидаду и угломерный барабан установить точно на отсчет «0°00,0'» (рис. 9.10).
3. Подобрать и установить перед большим зеркалом и за малым зеркалом темные светофильтры.

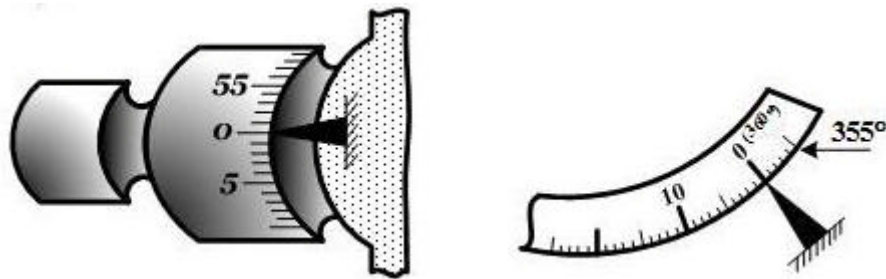


Рис. 9.10. $OC = 0^{\circ}00,0'$

4. Навести зрительную трубу на Солнце – в поле зрения наблюдаем (рис. 9.11)
5. В первом случае (рис. 9.11а), 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.
6. В двух других случаях (рис. 9.11б,в) малое зеркало неперпендикулярно плоскости азимутального лимба. Для устранения неперпендикулярности необходимо:
 - вращая угломерный барабан, установить изображения светила на одной горизонтали;
 - вращая верхний регулировочный винт 12 (рис. 9.7) малого зеркала, добиться точного наложения изображений светила.

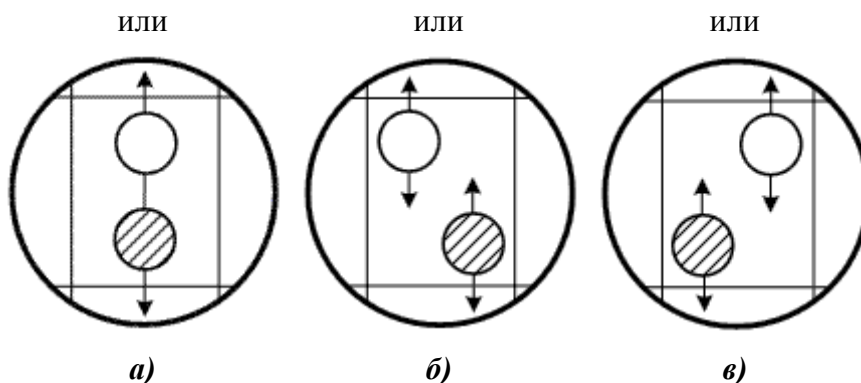


Рис. 9.11. Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба по Солнцу

Примечание:

1. Аналогично (кроме п.3) эта выверка выполняется и по звезде.

9.3. Определение поправки индекса навигационного секстана

9.3.1. Общие положения

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 неоцифрованных градусных делений, соответствующих отсчетам 359° , 358° , 357° , 356° , 355° .

В практике используют три способа определения поправки индекса секстана:

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

9.3.2. 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).

Навигационные сумерки – это период времени, в течение которого звезды и видимый горизонт одновременно наблюдаются визуально.

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

1. – навести зрительную трубу на резкость и установить ее на секстан;
2. – алидаду и угломерный барабан секстана установить точно на отсчет $0^{\circ}00,0'$ (рис. 9.12);

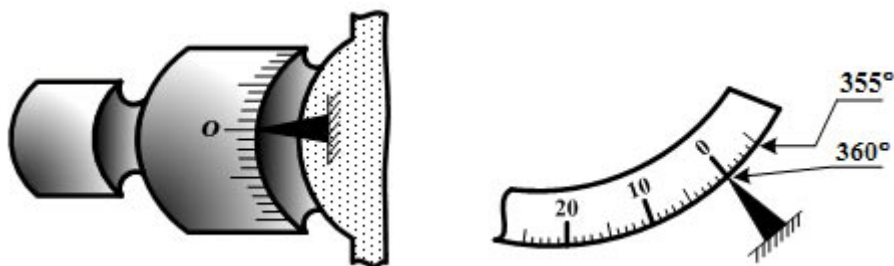


Рис. 9.12. $OC = 0^{\circ}00,0'$

3. – навести зрительную трубу на звезду. В поле зрения наблюдаем (рис. 9.13);

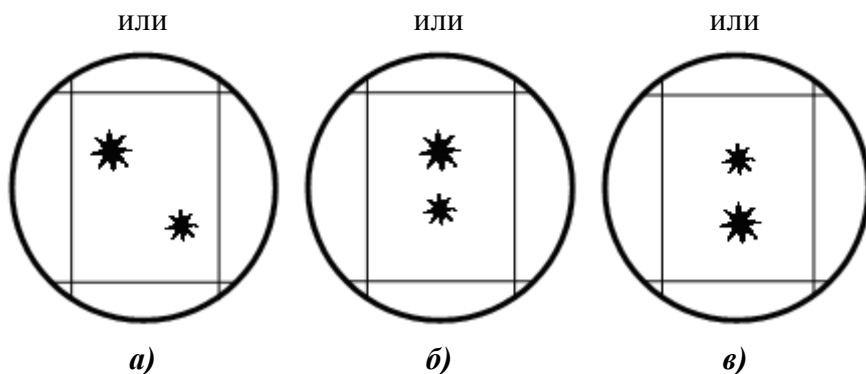


Рис. 9.13. Определение поправки индекса СНО по звезде

4. – в первом случае (рис. 9.13а), вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала, устранить неперпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;
5. – в случаях б) или в) (рис. 9.13), вращая угломерный барабан, добиться точного совмещения (прямоугольного и дважды отраженного) изображений звезды и снять отсчет секстана $OC = 359^{\circ}57,8'$ (рис. 9.14);
6. – рассчитать поправку индекса секстана по формуле:

$$i = 360^{\circ} - OC \quad (9.4)$$

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. Для исключения промахов рекомендуется повторить наблюдения по другой звезде.

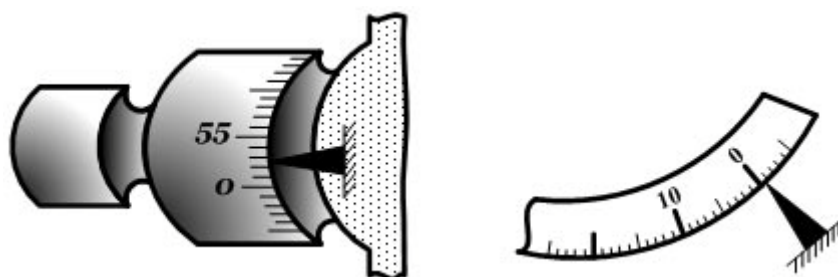


Рис. 9.14. $OC = 359^{\circ}57,8'$

9.3.3. Определение поправки индекса секстана по Солнцу

Для определения поправки индекса секстана по Солнцу необходимо:

1. – навести зрительную трубу на резкость и установить ее на секстан;
2. – алидаду и угломерный барабан секстана установить точно на отсчет « $0^{\circ}00,0'$ » (рис. 9.12);
3. – подобрать и установить темные светофильтры перед большим и за малым зеркалами;
4. – навести зрительную трубу на Солнце. В поле ее зрения наблюдаем (рис. 9.15):

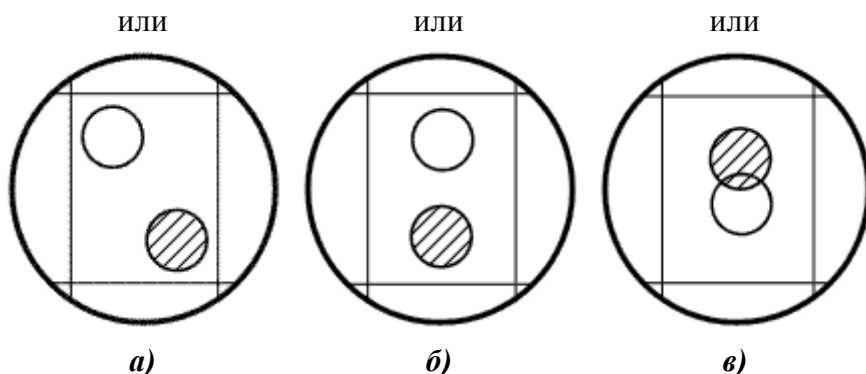


Рис. 9.15. Определение поправки индекса СНО по Солнцу

5. – в первом случае (рис. 9.15а), вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала, устранить неперпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;
6. – в случаях б) или в) (рис. 9.15), вращая угломерный барабан, добиться соприкосновения изображений Солнца (рис. 9.17) и снять первый отсчет секстана $OC_1 = 360^\circ 37,0'$ (рис. 9.16);

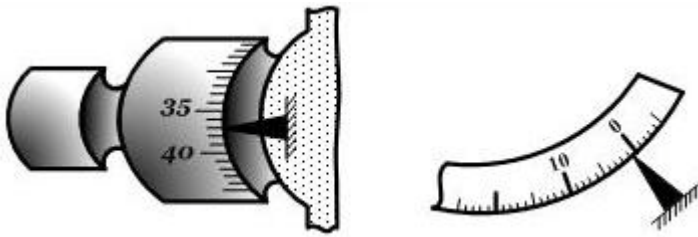


Рис. 9.16. $OC_1 = 360^\circ 37,0'$

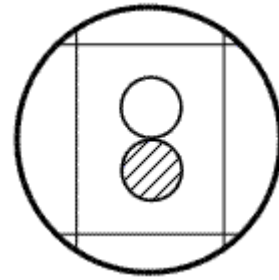


Рис. 9.17. Положение изображений Солнца для OC_1

7. – вращая угломерный барабан, добиться смены изображений Солнца (рис. 9.19) и снять второй отсчет секстана $OC_2 = 359^\circ 33,2'$ (рис. 9.18);

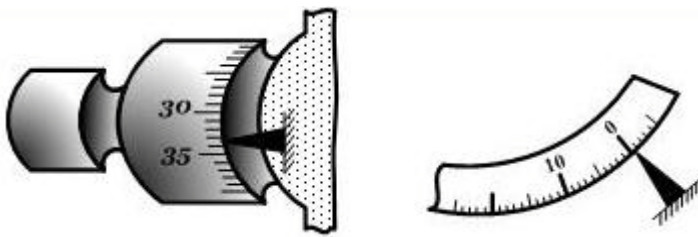


Рис. 9.18. $OC_2 = 359^\circ 33,2'$

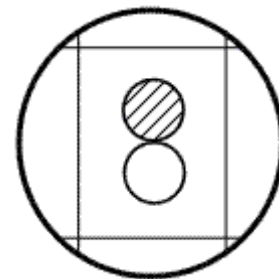


Рис. 9.19. Положение изображений Солнца для OC_2

8. – рассчитать поправку индекса секстана по формуле:

$$i = 360^\circ - \frac{OC_1 + OC_2}{2} \quad (9.5)$$

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

Для нашего примера:

9.3.4. Контроль точности определения поправки индекса секстана по Солнцу

Точность снятия отсчетов секстана (OC_1 и OC_2) и правильность расчетов при определении поправки индекса секстана по Солнцу можно проконтролировать.

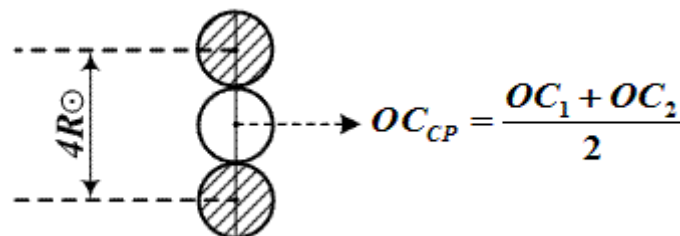


Рис. 9.20. Контроль определения « i » по Солнцу

Из рис. 9.20 следует, что при точном совмещении краев изображений Солнца в обоих случаях (рис. 9.17, 9.19) отсчеты секстанов (OC_1 и OC_2) должны отличаться друг от друга на величину, равную значению четырех радиусов Солнца, т.е.:

$$OC_2 - OC_1 = 4 R_{\odot} \quad (9.6)$$

Значение радиуса Солнца известно на любой день наблюдений (табл. 9.1).

Таблица 9.1 – Полу диаметр Солнца R_{\odot}
 (прибавляется к *видимой высоте* \odot , вычитается из видимой высоты (\ominus)).

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 1.12-4.02 | 4.02-4.03 | 4.03-27.03 | 27.03-18.04 | 18.04-13.05 | 13.05-24.08 | 24.08-18.09 | 18.09-10.10 | 10.10-2.11 | 2.11-1.12 |
| 16,3' | 16,2' | 16,1' | 16,0' | 15,9' | 15,8' | 15,9' | 16,0' | 16,1' | 16,2' |

Для контроля точности определения поправки индекса секстана по Солнцу необходимо:

1. – из ЕТ МАЕ таблицы 9.1 или Приложения 6 по дате наблюдений (25.09) выбрать значение радиуса Солнца ($R_{\odot} = 16,0'$) и рассчитать значение « $4R_{\odot}$ » ($64,0'$);
2. – рассчитать разность между первым и вторым (большим и меньшим) отсчетами секстана: $r = OC_1 - OC_2 = 360^{\circ}37,0' - 359^{\circ}33,2' = 63,8'$;
3. – сравнить величины « $4R_{\odot}$ » ($64,0'$) и r ($63,8'$) и:
 - а. если разность $\Delta = (4R_{\odot} - r)$ не превышает значения $\pm 0,5'$, то значения отсчетов секстана (OC_1 и OC_2) соответствуют действительным значениям и поправка индекса секстана определена правильно;
 - б. если разность $\Delta = (4R_{\odot} - r)$ более чем $+0,54 R_{\odot} > r$, то замеры выполнены некачественно \rightarrow края изображений Солнца не соприкасались, а накладывались одно на другое (рис. 9.21) и поправка индекса секстана не соответствует ее действительному значению;
 - в. если разность $\Delta = (4R_{\odot} - r)$ более чем $-0,5' (4R_{\odot} < r)$, то замеры также выполнены некачественно \rightarrow между краями изображений Солнца имелся разрыв (зазор) (рис. 9.22) – и поправка индекса секстана также не соответствует ее действительному значению;

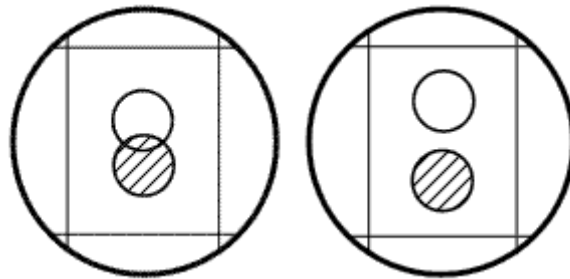


Рис. 9.21. $4R_{\odot} > Z$ Рис. 9.22. $4R_{\odot} < Z$

4. – при случаях б) (рис. 9.21) или в) (рис. 9.22) необходимо повторить определение поправки индекса по Солнцу.

Для нашего примера: $\Delta = +0,2' < \pm 0,5'$ – замеры выполнены достаточно точно.

В практике принято, чтобы значение поправки индекса секстана (i) не превышало $\pm 5',0$ Для уменьшения значения « i » служит нижний регулировочный винт (13 рис. 9.7) малого зеркала, с помощью которого при $OC = 0^{\circ}00,0'$ совмещают изображения светила.

После регулировки « i » необходимо повторно произвести проверку перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба и повторить определение поправки индекса секстана.

9.3.5. Определение поправки индекса секстана по видимому горизонту

Способ определения поправки индекса секстана по видимому горизонту неточен и применяется крайне редко перед наблюдениями звезд в вечерние навигационные сумерки.

Для определения поправки индекса секстана (i) по видимому горизонту необходимо:

1. – навести зрительную трубу на резкость и установить ее на секстан;
2. – алидаду и угломерный барабан секстана установить точно на отсчет $0^{\circ}00,0'$;
3. – навести зрительную трубу на видимый горизонт. В поле ее зрения наблюдаем (рис. 9.23а):

4. – вращая угломерный барабан секстана, добиться такого положения, чтобы линия видимого горизонта в поле зрения зрительной трубы наблюдалась без разрыва как сплошная линия (рис. 9.23б) и снять отсчет секстана ($OC = 360^{\circ}02,5'$);
5. – рассчитать поправку индекса секстана по формуле: $i = 360^{\circ} - OC$. Для нашего примера: $i = 360^{\circ} - 360^{\circ}02,5' = -2,5'$.

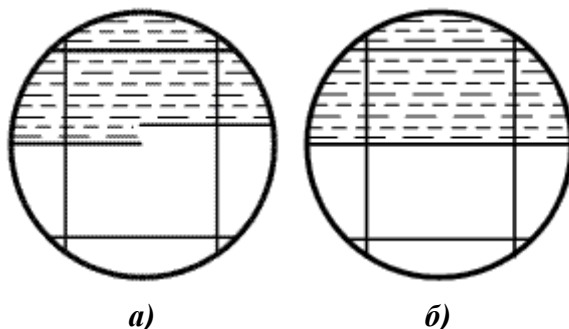


Рис. 9.23. Определение «i» СНО по видимому горизонту

9.3.6. Задачи на вычисление поправки индекса навигационного секстана по Солнцу ($R_{\odot} = 16,0'$)

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| $OC_1 = 360^{\circ}29,3'$ $OC_2 = 359^{\circ}25,3'$ $i = +2,7'$ | $OC_1 = 359^{\circ}29,6'$ $OC_2 = 360^{\circ}33,8'$ $i = -1,7'$ | $OC_1 = 360^{\circ}30,4'$ $OC_2 = 359^{\circ}26,2'$ $i = +1,7'$ |
| 4 | 5 | 6 |
| $OC_1 = 360^{\circ}33,8'$ $OC_2 = 359^{\circ}29,8'$ $i = -1,8'$ | $OC_1 = 360^{\circ}38,6'$ $OC_2 = 359^{\circ}34,4'$ $i = -6,5'$ | $OC_1 = 359^{\circ}26,6'$ $OC_2 = 360^{\circ}30,8'$ $i = +1,3'$ |
| 7 | 8 | 9 |
| $OC_1 = 360^{\circ}32,2'$ $OC_2 = 359^{\circ}28,0'$ $i = -0,1'$ | $OC_1 = 360^{\circ}32,8'$ $OC_2 = 359^{\circ}28,6'$ $i = -0,7'$ | $OC_1 = 360^{\circ}26,4'$ $OC_2 = 359^{\circ}22,0'$ $i = +5,8'$ |
| 10 | 11 | 12 |
| $OC_1 = 360^{\circ}34,2'$ $OC_2 = 359^{\circ}30,4'$ $i = -2,3'$ | $OC_1 = 360^{\circ}25,6'$ $OC_2 = 359^{\circ}21,4'$ $i = +6,5'$ | $OC_1 = 360^{\circ}36,4'$ $OC_2 = 359^{\circ}32,6'$ $i = -4,5'$ |
| 13 | 14 | 15 |
| $OC_1 = 360^{\circ}30,2'$ $OC_2 = 359^{\circ}26,0'$ $i = +1,9'$ | $OC_1 = 360^{\circ}38,6'$ $OC_2 = 359^{\circ}34,4'$ $i = -6,5'$ | $OC_1 = 360^{\circ}30,6'$ $OC_2 = 359^{\circ}26,4'$ $i = +1,5'$ |
| 16 | 17 | 18 |
| $OC_1 = 360^{\circ}40,2'$ $OC_2 = 359^{\circ}36,2'$ $i = -8,2'$ | $OC_1 = 359^{\circ}24,4'$ $OC_2 = 360^{\circ}28,6'$ $i = +3,5'$ | $OC_1 = 360^{\circ}34,4'$ $OC_2 = 359^{\circ}30,0'$ $i = -2,2'$ |
| 19 | 20 | 21 |
| $OC_1 = 360^{\circ}26,6'$ $OC_2 = 359^{\circ}22,6'$ $i = +5,4'$ | $OC_1 = 359^{\circ}28,6'$ $OC_2 = 360^{\circ}32,8'$ $i = -0,7'$ | $OC_1 = 360^{\circ}29,3'$ $OC_2 = 359^{\circ}25,5'$ $i = +2,6'$ |

| 22 | 23 | 24 |
|---|---|---|
| $OC_1 = 359^\circ 29,6'$ $OC_2 = 360^\circ 33,8'$ $i = -1,7'$ | $OC_1 = 360^\circ 30,4'$ $OC_2 = 359^\circ 26,2'$ $i = +1,7'$ | $OC_1 = 360^\circ 23,8'$ $OC_2 = 359^\circ 19,8'$ $i = +8,2'$ |
| 25 | 26 | 27 |
| $OC_1 = 360^\circ 28,6'$ $OC_2 = 359^\circ 24,4'$ $i = +3,5'$ | $OC_1 = 359^\circ 26,6'$ $OC_2 = 360^\circ 30,8'$ $i = +1,3'$ | $OC_1 = 360^\circ 32,2'$ $OC_2 = 359^\circ 28,0'$ $i = -0,1'$ |
| 28 | 29 | 30 |
| $OC_1 = 360^\circ 32,8'$ $OC_2 = 359^\circ 28,6'$ $i = -0,7'$ | $OC_1 = 360^\circ 26,4'$ $OC_2 = 359^\circ 22,4'$ $i = +5,6'$ | $OC_1 = 360^\circ 34,2'$ $OC_2 = 359^\circ 30,4'$ $i = -2,3'$ |

9.4. Измерение высот светил и углов навигационным секстаном

9.4.1. Измерение высоты звезды

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 наблюдаем (рис. 9.24):

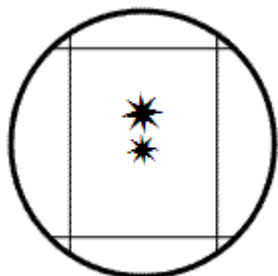


Рис. 9.24. Изображение звезды при $OC=00^\circ 00,0'$

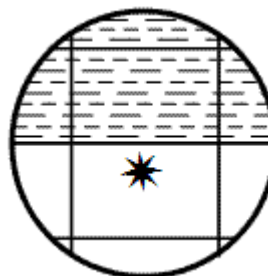


Рис. 9.25. Дважды отраженное изображение звезды подведено к горизонту

4. «Отстопорить» алидаду и плавно передвигать ее левой рукой на увеличение отсчета (от себя) и...
5. Следить зрительной трубой за тем изображением звезды (дважды отраженным), которое «уходит» из поля зрения вверх (зрительная труба опускается – отсчет секстана увеличивается).
6. При появлении в поле зрения трубы линии видимого горизонта (рис. 9.25), «застопорить» алидаду.
7. Вращением угломерного барабана добиться касания дважды отраженного изображения звезды линии видимого горизонта.
8. Покачивая секстан относительно оси зрительной трубы («вправо» – «влево»), убедится, что дважды отраженное изображение звезды касается линии видимого горизонта в единственной точке (рис. 9.26б) и дать команду второму наблюдателю с часами "Товсь!" и, в момент касания, – «Ноль!».
9. Снять отсчет секстана (OC_1) с точностью до «0,1» и передать его значение для записи второму наблюдателю.

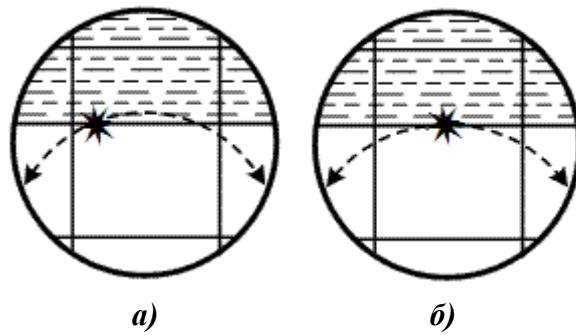


Рис. 9.26. Измерение СНО высоты звезды

10. Повторить еще дважды действия пп.7÷9 (OC_2 и OC_3).
11. 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 « $\pm 0,5c$ », а также все значения отсчетов секстана (OC_1, OC_2, OC_3), переданные ему первым наблюдателем.
12. Рассчитать:
 - а. среднее время замера высоты звезды по формуле:

$$T_{CP} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \quad (9.7)$$

- б. средний отсчет секстана по формуле:

$$OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3} \quad (9.8)$$

13. Рассчитать значение измеренной высоты светила по формуле:

$$h_{изм} = OC_{CP} + (i + S) \quad (9.9)$$

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.

9.4.2. Измерение высоты нижнего края Солнца (☉)

Измерение высоты светила навигационным секстаном заключается в точном совмещении дважды отраженного его изображения с прямовидимым горизонтом и снятии отсчета по азимутальному лимбу и угломерному барабану секстана с точностью до $0,1$ (1-й наблюдатель) с фиксацией времени замера с точностью до $0,5c$ (2-й наблюдатель).

Для измерения высоты нижнего края Солнца 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. Подобрать и установить темные светофильтры перед большим и за малым зеркалами.
4. Навести зрительную (установленную на секстан) трубу на Солнце. В поле зрения наблюдаем (рис. 9.27).

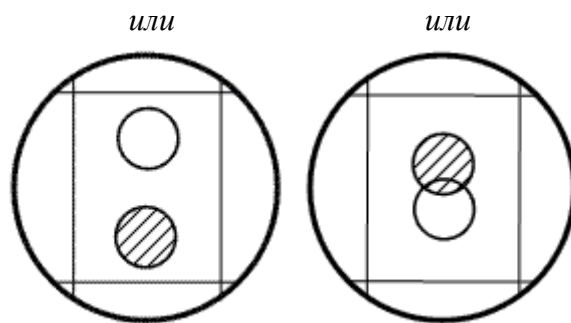


Рис. 9.27. Изображение Солнца при $OC = 0^{\circ}00,0'$

5. «Отстопорить» алидаду и плавно двигать ее на увеличение отсчета (от себя) и...
6. Следить зрительной трубой за тем изображением Солнца (дважды отраженным), которое «уходит» из поля зрения вверх (зрительная труба опускается – отсчет секстана увеличивается).
7. При горизонтальном положении зрительной трубы – отпустить стопор алидады («застопорить» алидаду) и убрать темный светофильтр позади малого зеркала (при «ярком» горизонте установить дымчатый светофильтр). В поле зрения зрительной трубы наблюдаем (рис. 9.28).

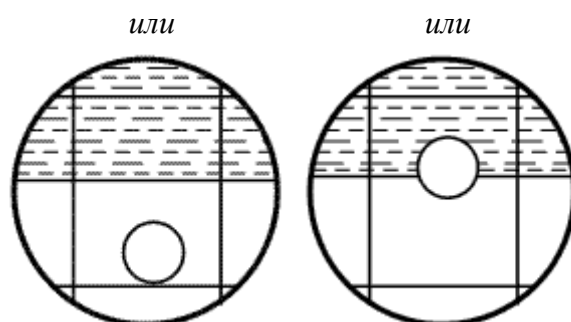


Рис. 9.28. Дважды отраженное изображение Солнца подведено к горизонту

8. Вращением угломерного барабана добиться касания дважды отраженного изображения Солнца линии горизонта (рис. 9.29).

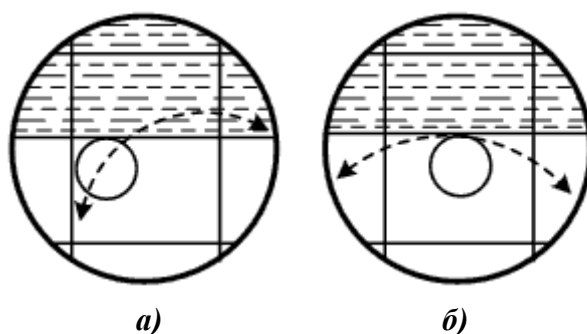


Рис. 9.29. Измерение высоты нижнего края Солнца ☉

9. Покачивая секстан относительно оси зрительной трубы («вправо-влево»), убедиться, что такое касание происходит только в одной точке (рис. 9.29б) и дать команду второму наблюдателю «Товсь!» и, в момент касания – «Ноль!».
10. Снять отсчет секстана (OC_1) с точностью до «0,1» и передать его значение для записи второму наблюдателю.
11. Повторить еще дважды действие пп. 8÷10 (OC_2, OC_3).
12. 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 « $\pm 0,5c$ », а также все значения отсчетов секстана, переданные ему первым наблюдателем.

13. Рассчитать среднее время замера высоты светила по формуле 9.7:

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

и средний отсчет секстана по формуле 9.8:

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

Примечание:

1. Высота нижнего края Луны (\ominus) измеряется аналогично, кроме п.3.
2. При измерении высоты верхнего края Солнца (\odot) или верхнего края Луны (\ominus) видимый диск светила касается линии горизонта «из воды» (рис. 9.30).

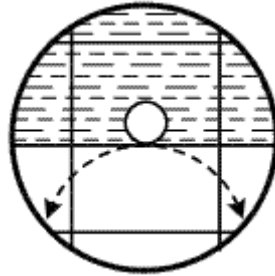


Рис. 9.30. Измерение высоты верхнего края Солнца (\odot)

9.4.3. Измерение горизонтального угла между ориентирами

Измерение горизонтальных углов между земными навигационными ориентирами производят для целей навигации при определении места судна по двум горизонтальным углам или по пеленгу и горизонтальному углу.

При подготовке навигационного секстанта к измерению горизонтальных углов необходимо:

- проверить перпендикулярность большого зеркала плоскости азимутального лимба;
- закрепить зрительную трубу на секстант, предварительно отфокусировав ее по ориентиру;
- проверить перпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;
- определить поправку индекса секстана (i) по горизонту или по Солнцу и установить $OC = 0^{\circ}00,0'$.

Для измерения горизонтального угла секстант берут в правую руку и располагают азимутальным лимбом вверх в плоскости измеряемого угла (плоскость рамы секстанта горизонтальна).

Зрительную трубу секстанта наводят на левый ориентир (рис. 9.31 а, б).

Затем, освободив стопор алидады, перемещают ее (на увеличение отсчета) до тех пор, пока в поле зрения трубы секстанта не появится изображение правого ориентира (рис. 9.31 в).

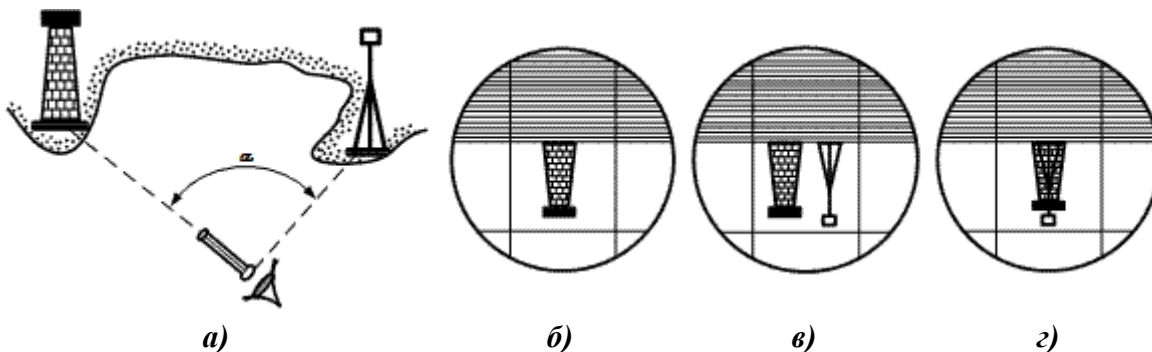


Рис. 9.31. Измерение СНО горизонтального угла (а)

Застопорив алидаду, вращением отсчетного барабана точно совмещают прямовидимый (левый) и дважды отраженный (правый) ориентиры (рис. 9.31а) и снимают отсчет секстана (OC).

Если правый ориентир виден плохо, можно расположить секстан в левой руке вниз зеркалами (плоскость рамы секстана также горизонтальна) и направить зрительную трубу на правый предмет (ориентир). Далее, с помощью алидады и отсчетного барабана, подводят к прямовидимому изображению правого ориентира дважды отраженное изображение левого ориентира и совмещают их (рис. 9.31б).

Для получения значения горизонтального угла « α » необходимо полученный отсчет секстана (OC) исправить инструментальной поправкой (S), выбранной из формуляра секстана по значению « OC », и поправкой индекса секстана (i), то есть:

$$\alpha = OC + (i + S) \quad (9.10)$$

9.4.4. Измерение вертикального угла ориентира

Измерение вертикального угла ориентира производят для целей навигации для расчета расстояния до ориентира, вертикальный угол которого измеряется.

При подготовке навигационного секстана к измерению вертикального угла необходимо:

- проверить перпендикулярность большого зеркала плоскости азимутального лимба;
- закрепить на секстане зрительную трубу, предварительно отфокусировав ее по ориентиру;
- проверить перпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;
- определить поправку индекса секстана по Солнцу или по горизонту;
- установить отсчет по азимутальному лимбу и барабану $OC = 0^\circ 00,0'$.

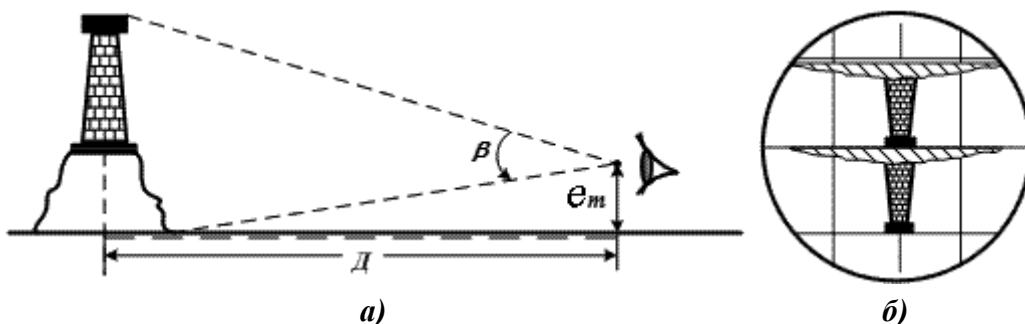


Рис. 9.32. Измерение СНО вертикального угла ориентира

Для измерения вертикального угла ориентира, с целью расчета расстояния до него, направить зрительную трубу на ориентир, расстояние до которого нужно определить (плоскость рамы секстана вертикальна). С помощью алидады и отсчетного барабана, подводят к линии видимого горизонта у основания прямовидимого изображения ориентира, дважды отраженное изображение верхней части (вершины) ориентира (рис. 9.32б).

Для получения значения угла β необходимо полученный отсчет секстана (OC) исправить инструментальной поправкой секстана S , поправкой индекса (i) и поправкой (если $D_y > D_e$) за наклонение видимого горизонта (d), то есть:

$$\beta = OC + (i + S) + d \quad (9.11)$$

Значение поправки за наклонение видимого горизонта (d) или выбирается из табл. 11а «МТ-75» (с. 221) по высоте глаза наблюдателя над уровнем моря в метрах (e_m), или рассчитывается по формуле: $d' = -1,76\sqrt{e_m}$, или измеряется наклономером «Н-5».

Например: 1. $e = 1м \rightarrow d \approx 1,8'$; 2. $e = 4м \rightarrow d \approx -3,5'$.

Расстояние в милях до ориентира можно определить с помощью табл. 29 «МТ-75» (с. 289-293) или табл. 2.7 «МТ-2000» (с. 261) по значению угла β и значению разности высоты ориентира над уровнем моря (H_M) и высотой глаза наблюдателя над уровнем моря (e_m).

Пример: Если $\beta = 0^\circ 05,8'$, а «Н-е» = 90м, то $D = 14,2$ мили.

Выдержка из табл. 29 «МТ-75» (с. 289) или табл. 2.7 «МТ-2000» (с. 261)

Расстояние по вертикальному углу

| Исправленный угол β | Разность высот объекта и наблюдателя $h - e$, м | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-------------|
| | 10 | 15 | ... | 40 | ... | 50 | ... | 70 | ... | 90 |
| 0°03,0' | 4,0 | 5,3 | ... | 10,2 | ... | 11,7 | ... | 14,4 | ... | 16,7 |
| 0°04,0' | 3,4 | 4,7 | ... | 9,4 | ... | 10,8 | ... | 13,4 | ... | 15,7 |
| 0°05,0' | 3,0 | 4,1 | ... | 8,6 | ... | 10,1 | ... | 12,6 | ... | 14,9 |
| <u>0°05,8'</u> | 2,7 | 3,8 | ... | 8,1 | ... | 9,5 | ... | 12,0 | ... | <u>14,2</u> |
| 0°06,0' | 2,6 | 3,7 | ... | 7,9 | ... | 9,3 | ... | 11,8 | ... | 14,0 |

Таблица вычислена по формуле:

$$D_y = \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg}\beta}{0,000245}\right)^2 + \frac{h-e}{0,22679}} - \frac{\operatorname{tg}\beta}{0,000245}$$

Выводы

1. Навигационный секстан – ручной оптический прибор, предназначенный для измерения высот светил над видимым морским горизонтом, а также горизонтальных и вертикальных углов с целью определения места.
2. В основу теории секстана положены 2 закона отражения светового луча от плоскопараллельных зеркал:
 - угол падения луча на плоское зеркало равен углу отражения;
 - падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости.
3. Перед измерением высот светил (углов) нужно выполнить три выверки СНО:
 - проверка параллельности оптической оси зрительной трубы плоскости азимутального лимба;
 - проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба;
 - проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба (и определить поправку индекса секстана).
4. Высота светила считается измеренной тогда, когда дважды отраженное изображение звезды или навигационной планеты (верхний или нижний край Солнца или Луны) касается линии видимого горизонта в единственной точке.
5. Горизонтальный угол между двумя береговыми ориентирами считается измеренным тогда, когда в поле зрения наблюдателя эти ориентиры окажутся на одном вертикале (совместятся).
6. Вертикальный угол ориентира считается измеренным тогда, когда в поле зрения наблюдателя основание прямовидимого изображения ориентира окажется совмещенным с вершиной дважды отраженного изображения этого же ориентира.

ГЛАВА 10. ИСПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ ВЫСОТ СВЕТИЛ

10.1. Исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном

10.1.1. Общие положения

Поправка секстана (Δ) – это суммарное значение поправки индекса секстана (i) и его инструментальной поправки (S), то есть:

$$\Delta = (i + S) \quad (10.1)$$

Средний отсчет секстана (OC_{CP}), исправленный поправкой секстана ($i + S$), называется **измеренной высотой** ($h_{изм}$), то есть:

$$h_{изм} = OC_{CP} + (i + S) \quad (10.2)$$

Истинная высота светила – это угол при центре небесной сферы между плоскостью истинного горизонта наблюдателя и направлением на светило (светило рассматривается как геометрическая точка, а центр небесной сферы принят совпадающим с центром Земли).

Истинную высоту светила практически измерить невозможно, так как:

- наблюдатель измеряет высоту светила не над истинным, а над видимым горизонтом;
- видимое направление на светило, из-за преломления его лучей в земной атмосфере, не совпадает с истинным;
- у светила, имеющего видимый диск (Солнце, Луна), измеряется обычно высота верхнего (или нижнего) края диска, а нужно знать высоту центра светила);
- высота светила измеряется наблюдателем, находящимся на поверхности Земли, а ее необходимо обратить в высоту, отнесенную к центру Земли.

Все это и заставляет исправлять высоту светила, измеренную навигационным секстаном поправками за:

- наклонение видимого горизонта;
- астрономическую рефракцию;
- полудиаметр светила;
- параллакс светила.

10.1.2. Поправка за наклонение видимого горизонта

Глаз наблюдателя (т. A) отстоит от поверхности моря на некоторую высоту (e_M) (рис. 10.1).

Если из т. A провести касательные к поверхности Земли (AE и AE'), то на поверхности Земли образуется малый круг (EE'), который, при отсутствии земной рефракции («refractive» – преломление), был бы линией видимого горизонта.

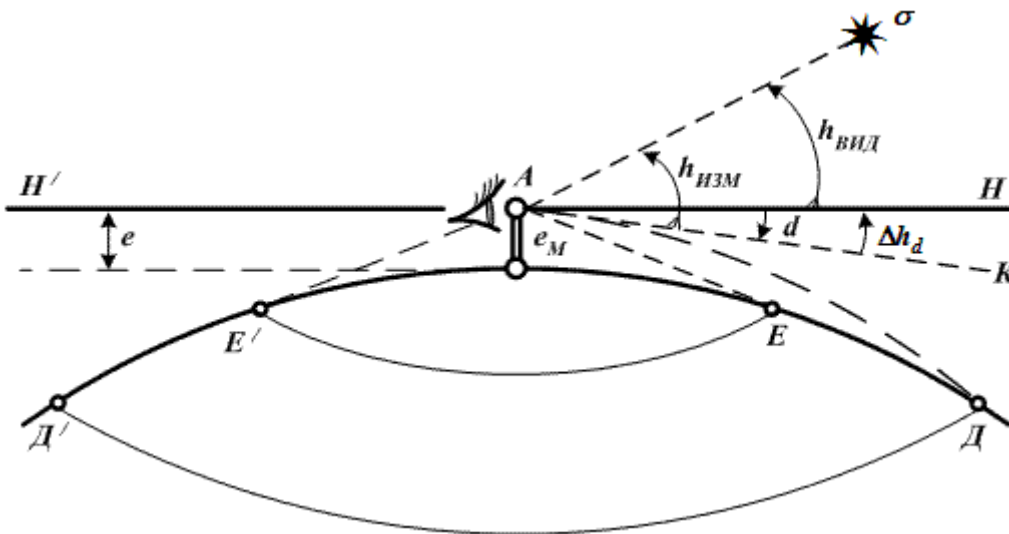


Рис. 10.1. Поправка за наклонение видимого горизонта

Из-за влияния **земной рефракции** наблюдатель увидит линию видимого горизонта в виде малого круга ($ДД'$) с несколько большим сферическим радиусом.

Совмещая изображение светила с линией видимого горизонта, наблюдатель измеряет высоту светила ($h_{изм}$), отличающуюся от высоты относительно истинного горизонта (HH') на величину угла (d).

Угол между плоскостью истинного горизонта (HH') и направлением на видимый горизонт (AK) называется **наклоением видимого горизонта** (d).

Высота светила, измеренная секстаном, должна быть исправлена поправкой за наклонение видимого горизонта (Δh_d).

Измеренная высота светила ($h_{изм}$), исправленная поправкой за наклонение видимого горизонта (Δh_d), называется **видимой высотой светила**, то есть:

$$h_{вид} = h_{изм} + \Delta h_d \quad (10.3)$$

Значение поправки за наклонение видимого горизонта (Δh_d) рассчитывается по приближенной формуле:

$$\Delta h_d = 1,76\sqrt{e_M} \quad (10.4)$$

где e_M – высота глаза наблюдателя над уровнем моря в метрах (высота места наблюдения над уровнем моря «плюс» рост наблюдателя до уровня его глаз).

В 1805 г. французский астроном, математик и физик Лаплас Пьер Симон (1749–1827) предложил одну из первых эмпирических формул для расчета наклоения горизонта.

Значения (Δh_d) в зависимости от (e_M) приведены в таблице 10.1 (более полная таблица приведена в МАЕ (с. 284), в «ТВА-57» (с. 19), в «МТ-75» (с. 220-221), в «МТ-2000» в т. 3.21 (с. 354) и в Приложении 6Г.

Таблица 10.1 – Поправка за наклонение (всегда отрицательная)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| e_M | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 5,2 | 5,4 | 5,7 | 6,0 |
| $\Delta h_d'$ | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,3 |

В открытых морях и океанах при установившихся гидрометеорологических условиях фактическая величина наклоения видимого горизонта в основном соответствует табличной.

Наклонение видимого горизонта может значительно отличаться от табличного (до 4') в закрытых морях, прибрежных районах, в местах встречи теплых и холодных течений и других случаях.

Для повышения точности определения наклоения видимого горизонта прибегают к непосредственному его измерению специальным прибором – **наклономером**.

В 1904 г. немецкий оптик профессор Пульфрих предложил специальный прибор для измерения наклоения горизонта в условиях корабля.

Для определения действительных значений наклоения видимого горизонта при фактических условиях наблюдений применяют наклонмер «Н-5» (наклонмер Каврайского).

Для измерения наклоения наклонмер помещают у глаза горизонтально, выбрав для наблюдений то же место, с которого измерялась высота светила, с таким расчетом, чтобы были видны противоположные стороны горизонта. Объектив прибора наводят на более освещенную часть горизонта (наблюдатель располагается к ней боком), затем, вращая кольцо диафрагмы, уравнивают яркость изображений двух частей горизонта, и поворотом диоптрийного кольца добиваются наибольшей резкости. В поле зрения наблюдаются изображения двух частей горизонта, которые в «Н-5» видимы вертикально (рис. 10.2а).

Вращая наружное наглядное кольцо, совмещают изображение двух частей горизонта (рис. 10.2б) и снимают отсчет по шкале.

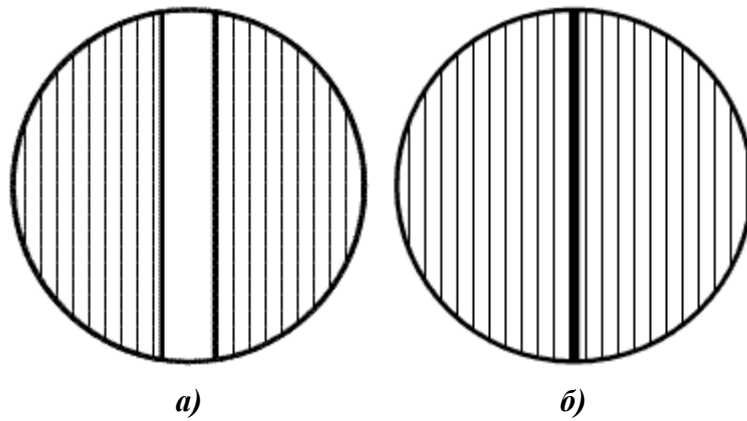


Рис. 10.2. Измерение Δh_a наклономером

Для второго измерения наблюдатель поворачивается на 180° (другим боком), обращает объектив с диафрагмой опять к той же, более освещенной части горизонта и, повторяя все операции, снимает повторно отсчет по шкале.

Среднее значение отчетов дает величину (d), свободную от погрешностей нуля прибора.

10.1.3. Поправка за астрономическую рефракцию

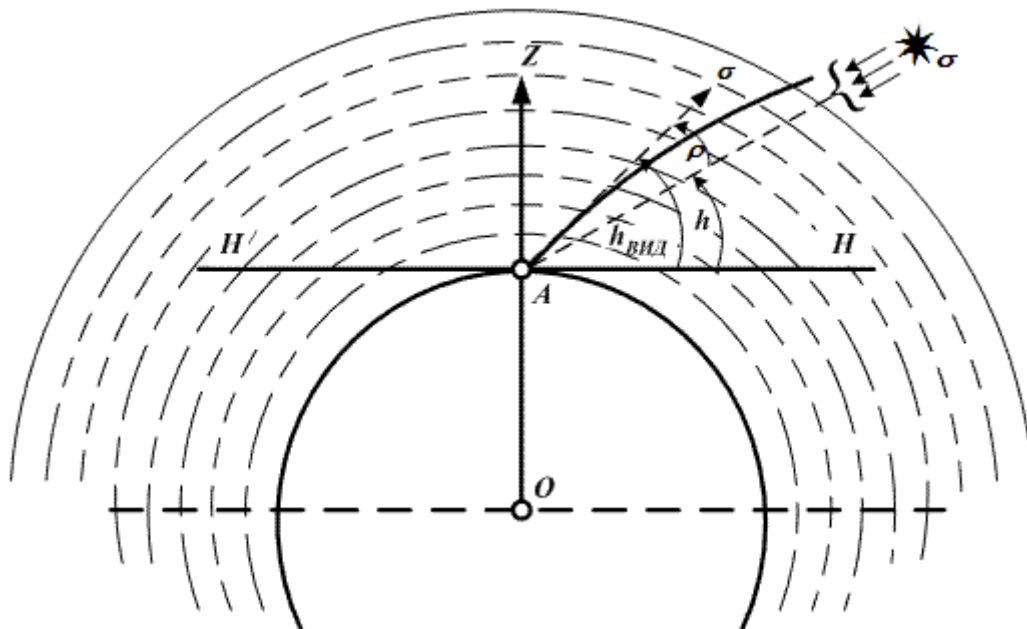


Рис. 10.3. Поправка за астрономическую рефракцию

Луч света от светила (σ), попадая в земную атмосферу, преломляется в сторону более плотных ее слоев.

Вследствие этого наблюдатель видит светило на высоте большей той, на которой оно фактически находится (рис. 10.3):

$$h_{\text{вид}} > h$$

Явление искривления лучей света в атмосфере, идущих от светила к наблюдателю, называется **астрономической рефракцией** (лат. «refractio» – преломление). Искривление лучей при прохождении атмосферы вызывается изменением показателя преломления на их пути.

О существовании астрономической рефракции известно с древних времен. Во второй половине XVII в. итальянский астроном Джан Доменико Кассини (1625 г.) создал первую теорию рефракции, полагая, что свет преломляется только один раз, а именно на границе атмосферы. Вскоре было установлено, что рефракция зависит от температуры и давления, то есть от плотности атмосферы.

В 1694 г. английский физик, астроном и математик Исаак Ньютон (1643÷1727 гг.), разработал более строгую теорию рефракции. Теорией рефракции занимались также Эйлер, Лагранж, Лаплас, Бессель, Фесенков и др.

Угол между истинным и видимым направлениями на светило также называется *астрономической рефракцией* (ρ).

Для исключения влияния астрономической рефракции видимая высота светила ($h_{вид}$) должна быть уменьшена на величину поправки (Δh_ρ).

Видимая высота светила, исправленная поправкой за астрономическую рефракцию, называется *топоцентрической высотой светила* ($h_{тц}$).

$$h_{тц} = h_{вид} + \Delta h_\rho \quad (10.5)$$

Поправка (Δh_ρ) всегда имеет знак «минус» и рассчитывается (для стандартной атмосферы: $t^\circ C = +10^\circ$ и $B = 760 \text{ мм. рт. ст.}$) по формуле:

$$\Delta h_\rho' = -0,97' \cdot ctg h_{вид} \quad (10.6)$$

По этой формуле рассчитана таблица 10.2.

Таблица 10.2 – Поправка высоты звезд и планет за рефракцию (всегда отрицательна)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $h_{вид}^\circ$ | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 30 | 31 | 33 | 35 | 37 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 55 | 59 | 64 | 68 | 74 |
| $\Delta h_\rho'$ | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

Более полная таблица приведена в МАЕ (с. 284), в «ТВА-57» (с. 21), в «МТ-75» (с. 217), в «МТ-2000» в т. 3.22 (с. 355) и в Приложении 6Ж.

Для Солнца поправка за астрономическую рефракцию приводится в таблице 10.3, совместно с поправкой за параллакс, так как параллакс Солнца величина почти постоянная ($p_\odot \approx 0,15'$).

Таблица 10.3 – Поправка высоты Солнца за рефракцию и параллакс (всегда отрицательна)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $h_{вид}^\circ$ | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 39 | 42 | 45 | 48 | 52 | 56 | 61 | 67 | 72 |
| $\Delta h_\rho + p'$ | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

Более полная таблица приведена в МАЕ (с. 284), в «ТВА-57» (с. 21), в «МТ-2000» в т. 3.26 (с. 357) и в Приложении 6Ж.

Для Луны поправка за астрономическую рефракцию приводится в специальной таблице совместно с поправками за параллакс и полудиаметр Луны (см. т.т. 3.28, 3.29 «МТ-2000» (с. 359-362) и в Приложении 6З, 6И.

Значение общей поправки для Луны приводится также в таблице 10 «МТ-75» (с. 218) и таблицах высот и азимутов светил («ВАС-58», «ТВА-57» и др.). Аргументами для входа в эти таблицы являются видимая высота Луны и ее горизонтальный экваториальный параллакс (P_\circ), значение которого выбирается из ежедневных таблиц Морского Астрономического Ежегодника, на дату наблюдений (см. Приложение 6К).

В отдельных районах значение фактической астрономической рефракции может значительно отличаться от табличного. Истории известен случай, когда в 1597 г. на Новой Земле ($\varphi = 76^\circ N$) голландский мореплаватель Баренц увидел Солнце на 17 дней раньше чем оно должно было появиться в данной широте после полярной ночи. Астрономическая рефракция очевидно в этот день была около 4 градусов.

10.1.4. Поправка за параллакс светила

При измерении высоты звезды, находящейся на огромном удалении от Земли, направление на эту звезду будет одним и тем же для наблюдателей, находящихся в любой точке на поверхности Земли и для ее центра.

Для светил, находящихся на сравнительно небольшом удалении от Земли (Луна, Марс, Венера, Солнце), направления на одно и то же светило в один и тот же момент времени, и для наблюдателей, находящихся в различных точках Земли, и для ее центра будут различными.

Координаты светил, помещенные в Морской Астрономический Ежегодник, отнесены к центру Земли, поэтому и измеренные высоты светил приводят к центру Земли исправлением поправкой за параллакс (Δh_p).

Из треугольника ($A\sigma_1D$) (рис. 10.4) можно записать:

$$h_{ист} = h_{тц} + p \quad (10.7)$$

где $h_{ист}$ – геоцентрическая высота светила, приведенная к центру Земли;

$h_{тц}$ – топоцентрическая высота светила;

p – параллакс светила – это угол, под которым со светила усматривается радиус Земли, отвечающий месту наблюдателя. (Параллакс – греч. «уклонение»).

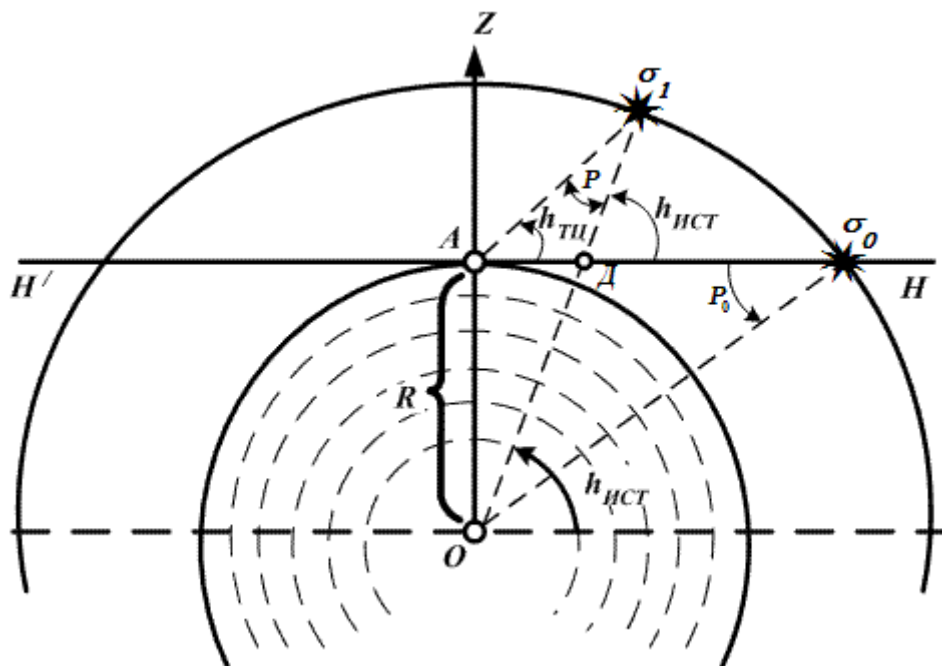


Рис. 10.4. Параллакс светила

Из рис. 10.4 следует, что наибольшего значения параллакс светила достигает при высоте светила 0° . Такой параллакс называют *горизонтальным экваториальным параллаксом светила* $\rightarrow (p_0)$.

Наибольшие значения (p_0): Луна $\rightarrow 61,5'$ (*min* $53,9'$); Марс $\rightarrow 0,4'$ (*min* $0,05'$); Венера $\rightarrow 0,55'$ (*min* $0,08'$).

Значения поправок за параллакс для Венеры и Марса приведены в таблице 10.4. и в Приложении 6Б.

Данная таблица приведена в МАЕ (с. 287), в «ТВА-57» (с. 22), в «МТ-75» (с. 217) и в «МТ-2000» т. 3.23 (с. 355).

Значения (p_0) для Венеры и Марса приведены в ежедневных таблицах Морского Астрономического Ежегодника на каждые 3 суток.

Параллакс Солнца ($P_\odot = 0,15'$) учитывается вместе с астрономической рефракцией ($\Delta h_p + p$).

Параллакс Луны входит в общую поправку ($ОП$), значение которой выбирается из специальной таблицы по значению $h_{вид}$ и p_0 («ТВА-57» с. 24-27, «МТ -75» с. 218-221 и «МТ -2000» т.т. 3.28, 3.29 с. 359-362 или Приложение 63 и 6И).

Таблица 10.4 – Дополнительная поправка для Венеры и Марса

| <i>h вид</i> | Горизонтальный экваториальный параллакс | | | | | |
|--------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | <i>0,1'</i> | <i>0,2'</i> | <i>0,3'</i> | <i>0,4'</i> | <i>0,5'</i> | <i>0,6'</i> |
| 0° | + | + | + | + | + | + |
| 24° | | | | <i>0,4'</i> | <i>0,5'</i> | <i>0,6'</i> |
| 34° | | <i>0,2'</i> | | — | — | — |
| 41° | <i>0,1'</i> | | — | <i>0,3'</i> | <i>0,4'</i> | <i>0,5'</i> |
| 54° | | — | <i>0,2'</i> | — | <i>0,3'</i> | <i>0,4'</i> |
| 60° | | | — | | — | <i>0,3'</i> |
| 65° | — | | | <i>0,2'</i> | | — |
| 68° | | <i>0,1'</i> | <i>0,1'</i> | | <i>0,2'</i> | — |
| 73° | <i>0,0'</i> | | | | — | <i>0,2'</i> |
| 76° | | | | <i>0,1'</i> | <i>0,1'</i> | |

10.1.5. Поправка за видимый полудиаметр светил

При измерении высот Солнца и Луны наблюдатель совмещает с прямолинейным изображением горизонта нижний край солнечного или лунного диска (рис. 10.5).

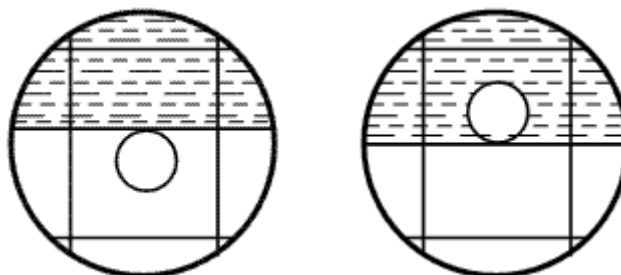


Рис. 10.5. Измеряется ☉ Рис. 10.6. Измеряется ☾

Отдельные наблюдатели совмещают с линией видимого горизонта верхний край диска светила (рис. 10.6).

В Морском Астрономическом Ежегоднике (МАЕ) и других астрономических сборниках и таблицах координаты Солнца и Луны отнесены к центру их видимого диска.

Исходя из этого, при измерении высоты Солнца (Луны), необходимо получить высоту центра Солнца (Луны).

Из рис. 10.7 следует, что для получения высоты центра диска светила нужно прибавить угловой радиус светила, если наблюдатель измерял высоту его нижнего края ($h_{\text{☉}}$), то есть, образно говоря, следует «утопить» диск светила на величину его полудиаметра.

Если же измерялась высота верхнего края (рис. 10.6), необходимо отнять значение углового радиуса, то есть, образно говоря, «вытащить» диск светила из воды на величину его полудиаметра.

Значение углового радиуса Солнца приведены в табл. 10.5; в «ТВА-57» табл. 3 (с.22); в «МТ-2000» т. 3.27 (с. 358); в МАЕ на с.287 и в Приложении 6Л.

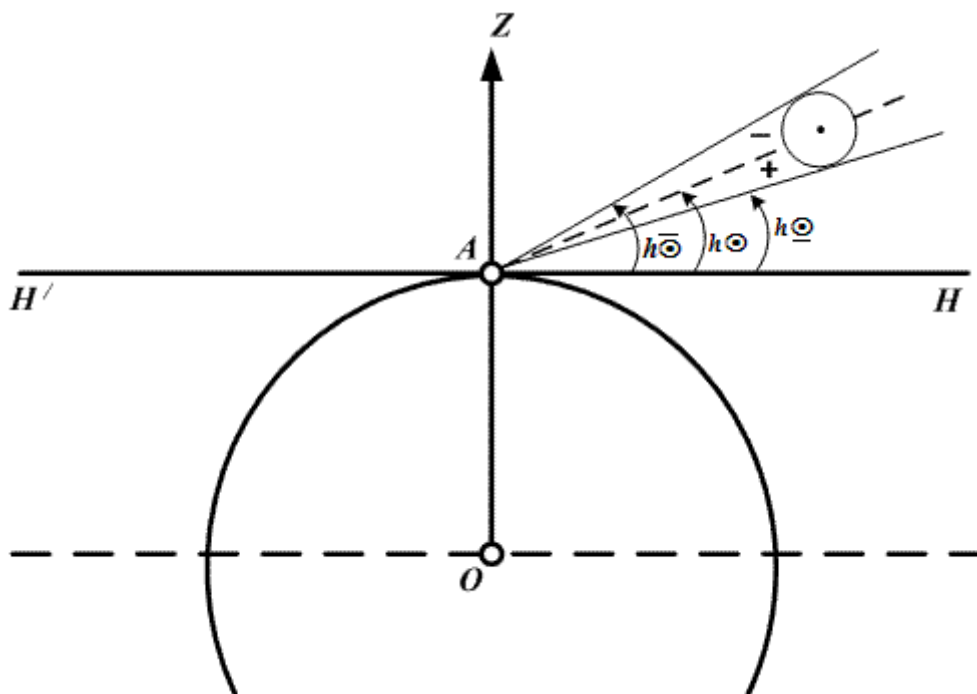


Рис. 10.7. Поправка за полудиамер светила (R)

Подводя итог, можно сделать заключение, что:

– для получения истинного значения высоты светила, отсчеты секстана должны быть исправлены следующими поправками:

- a. высоты звезд и планет Юпитер и Сатурн:

$$\text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B \quad (10.8)$$

- b. высоты Солнца:

$$\text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{p+p} \pm R_{\odot/\ominus} + \Delta h_t + \Delta h_B \quad (10.9)$$

- c. высоты планет Венера и Марс:

$$\text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_p + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B \quad (10.10)$$

- d. высоты Луны:

$$\text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + ОП + \Delta h_t + \Delta h_B \quad (10.11)$$

ОП – общая поправка высоты Луны включает в себя поправки за астрономическую рефракцию, параллакс и полудиамер Луны и выбирается из специальной таблицы. (см. Приложение 6К)

Примечание:

Если температура воздуха (t_B °C) и атмосферное давление (B_B мм рт.ст.) значительно отличаются от стандартных значений (t_B °C = +10°, B_B = 760 мм рт.ст.), а высота светила менее 30°, то высоты светил дополнительно к поправке за астрономическую рефракцию (Δh_p) должны быть исправлены поправками за температуру (Δh_t) – табл. 10.6 и давление воздуха (Δh_B) табл. 10.7. (см. Приложение 6Д, 6Е)

Таблица 10.5 – Полудиаметр Солнца R_{\odot}
(придается к видимой высоте \ominus , вычитается из видимой высоты \otimes)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|-------|---|-------|---|--------|---|-------|---|-------|---|---------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| 1.XII | – | 4.II | – | 4.III | – | 27.III | – | 18.IV | – | 13.V | – | 24.VIII | – | 18.IX | – | 10.X | – | 2.XI | – | 1.XII |
| 16,3' | | 16,2' | | 16,1' | | 16,0' | | 15,9' | | 15,8' | | 15,9' | | 16,0' | | 16,1' | | 16,2' | | 16,3' |

Таблица 10.6 – Поправка высоты за температуру воздуха Δh_t

| $h_{\text{вид}}$ | Температура воздуха | | | | | | | | | | | | | $h_{\text{вид}}$ |
|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | -20° | -15° | -10° | -5° | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | |
| 10°00' | -0,7' | -0,5' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,5' | +0,6' | 10°00' |
| 15°00' | -0,5' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,3' | +0,4' | 15°00' |
| 20°00' | -0,3' | -0,3' | -0,2' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,2' | +0,3' | 20°00' |
| 30°00' | -0,2' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | -0,1' | 0 | 0 | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,2' | 30°00' |

Более подробная таблица приведена в МАЕ (с. 285), в «ТВА-57» (с. 23), в «МТ-75» (с. 227) и в т. 3.24 «МТ-2000» на с. 356. (см. Приложение 6Д)

Таблица 10.7 – Поправка высоты за давление воздуха Δh_B

| $h_{\text{вид}}$ | Атмосферное давление (мм. рт. ст.) | | | | | | | | | | | | | $h_{\text{вид}}$ |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|------------------|
| | 720 | 725 | 730 | 735 | 740 | 745 | 750 | 755 | 760 | 765 | 770 | 775 | 780 | |
| 10°00' | +0,3' | +0,3' | +0,2' | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | -0,1' | -0,1' | -0,1' | 10°00' |
| 15°00' | +0,2' | +0,2' | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,1' | -0,1' | 15°00' |
| 20°00' | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,1' | 20°00' |
| 30°00' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30°00' |

Более подробная таблица приведена в МАЕ (с. 285), в «ТВА-57» (с. 23), в «МТ-75» (с. 227) и в «МТ-2000» т. 3.25 (с. 356). (см. Приложение 6Е)

10.1.6 Расчет истинных высот светил

Расчет истинных высот Солнца

(20.09.2000 г. навигационным секстаном измерили h_{\otimes} ; $e_M = 9,9$ м, $t_B^\circ = +20^\circ\text{C}$, $B_B = 740$ мм рт. ст.)

| | | | |
|--------------|---------------------------|---|--|
| Отсчет | 21°18,5' | Средний отсчет секстана $OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3}$ | |
| $i + S$ | +1,5' | i – поправка индекса секстана $i = 360^\circ - \frac{OC_1 + OC_2}{2}$ (определена по Солнцу); S – инструментальная поправка → из формуляра по (OC_{CP}). | |
| Изм. h | 21°20,0' | Сумма [«отсчет» + « $i + S$ »]. | |
| Δh_d | -5,6' | Поправка за наклонение видимого горизонта → из т. 1а по значению e_M (с. 19 «ТВА-57»); Приложение 6Г. | |
| Вид. h | 21°14,4' | Сумма [«Изм. h » + « Δh_d »]. | |
| Поправки | Δh_{p+p} | -2,3' | Поправка за рефракцию и параллакс → из т. 2 по значению «Вид. h » (с. 21 «ТВА-57»); Приложение 6Ж. |
| | R | +16,0' | Радиус Солнца «+» если \ominus , «-» если \otimes → из т. 3 по дате (с. 22 «ТВА-57»); Приложение 6Л. |
| | $\Delta h_t / \Delta h_B$ | +0,1' / +0,1' | Поправка за температуру → из т. 5а по «Вид. h » и $t_B^\circ\text{C}$ (с. 23 «ТВА-57») Приложение 6Д. Поправка за давление → из т. 5б по «Вид. h » и « B_B »; Приложение 6Е. |

| | | |
|----------------|----------|--|
| <i>Ист. h</i> | 21°28,3' | Сумма [«Вид. h» + « Δh_{p+p} » + «R» + « Δh_t » + « Δh_B »]. |
| Δh_z | – | Поправка за приведение высот к одному зениту. Для Солнца отсутствует. |
| <i>Прив. h</i> | 21°28,3' | Для Солнца [«Прив. h» = «Ист. h»]. |
| h_c | 21°25,0' | Значение счислимой высоты, рассчитанной по т. «ВАС-58», «ТВА-57», «ТВА-52»; ЭКВМ или ПК. |
| $h - h_c$ | +3,3' | Перенос ВЛП [$n = \text{«Ист. h»} - \text{«}h_c\text{»}$]. |

Расчет истинных высот звезд

(20.09.2000 г. навигационным секстаном измерили высоту $\star\alpha$ Андромеды: $e_M = 12,8$ м, $t_B^\circ = +10^\circ\text{C}$, $B_B = 750$ мм рт. ст.)

| | | | |
|----------------|--------------|--|---|
| Отсчет | 46°20,6' | Средний отсчет секстана $OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3}$ | |
| $i + S$ | +2,3' | i – поправка индекса секстана $i = 360^\circ - OC$ (определена по \star); S – инструментальная поправка → из формуляра по (OC_{CP}). | |
| <i>Изм. h</i> | 46°22,9' | Сумма [«отсчет» + « $i + S$ »]. | |
| Δh_d | –6,3' | Поправка за наклонение видимого горизонта → из т. 1а по значению e_M (с. 19 «ТВА-57»); Приложение 6Г. | |
| <i>Вид. h</i> | 46°16,6' | Сумма [«Изм. h» + « Δh_d »]. | |
| Поправки | Δh_p | –0,9' | Поправка за астрономическую рефракцию → из т. 2 по значению «Вид. h» (с. 21 «ТВА-57»); Приложение 6Ж. |
| | Δh_t | 0 | Поправка за температуру воздуха → из т. 5а по значениям «Вид. h» и $t_B^\circ\text{C}$ (с. 23 «ТВА-57»); Приложение 6Д. |
| | Δh_B | 0 | Поправка за давление воздуха → из т. 5б по «Вид. h» и B_B (с. 23 «ТВА-57»); Приложение 6Е. |
| <i>Ист. h</i> | 46°15,7' | Сумма [«Вид. h» + « Δh_p » + « Δh_t » + « Δh_B »]. | |
| Δh_z | –0,6' | Поправка за приведение высот к одному зениту: $\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T$; Δh_v → из т. 7 по «А-ПУ» и «V _{уз} » (с. 28 ТВА-57) $V = 12$ уз. А-ПУ = 170° (190°) $\Delta T = 3,0$ мин. Приложение 6А. | |
| <i>Прив. h</i> | 46°15,1' | Сумма [«Ист. h» + « Δh_z »]. | |
| h_c | 46°16,9' | Значение счислимой высоты, рассчитанной по т. «ВАС» (ТВА) или ЭКВМ. (ПК). | |
| $h - h_c$ | –1,8' | Перенос ВЛП [«Прив. h» – « h_c »]. | |

Расчет истинных высот планет Марс и Венера

(20.09.2000 г. навигационным секстаном измерили высоту планеты Марс: $e = 12,8$ м, $t_B^\circ = +15^\circ\text{C}$, $B_B = 740$ мм рт. ст.)

| | | |
|---------------|----------|--|
| Отсчет | 35°35,5' | Средний отсчет секстана $OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3}$ |
| $i + S$ | –2,3' | i – поправка индекса секстана $i = 360^\circ - OC$ (определена по \star); S – инструментальная поправка → из формуляра по (OC_{CP}). |
| <i>Изм. h</i> | 35°33,2' | Сумма [«отсчет» + « $i + S$ »]. |
| Δh_d | –6,3' | Поправка за наклонение видимого горизонта → из т. 1а по значению e_M (с. 19 «ТВА-57»); Приложение 6Г. |
| <i>Вид. h</i> | 35°26,9' | Сумма [«Изм. h» + « Δh_d »]. |

| | | | |
|--------------|-------------------------|---|--|
| Поправки | Δh_p | -1,4' | Поправка за астрономическую рефракцию → из т. 2 по значению «Вид. h » (с. 21 «ТВА-57»); Приложение 6Ж. |
| | Δh_p | +0,1' | Дополнительная поправка для Венеры и Марса → из т. 4 по значениям «Вид. h » и « P_o » (с. 22 «ТВА-57»). « P_o » → из ежедневных таблиц МАЕ на дату наблюдений см. Приложение 6Б. |
| | $\Delta h_t/\Delta h_B$ | 0/0 | Δh_t – поправка за $t_B^\circ\text{C}$ → из т. 5а по знач. «Вид. h » и $t_B^\circ\text{C}$. Приложение 6Д. Δh_B – поправка за B_B → из т. 5б по «Вид. h » и B_B . Приложение 6Е. |
| Ист. h | 35°25,6' | Сумма [«Вид. h » + « Δh_p » + « Δh_p » + « Δh_t » + « Δh_B »]. | |
| Δh_z | +0,4' | Поправка за приведение высот к одному зениту: $\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T$; Δh_v → из т. 7 по знач. «А-ПУ» и « V_{yz} » (с. 28 ТВА-57) $V = 12$ уз. А-ПУ = 60° (300°) $\Delta T = 4,0$ мин. см. Приложение 6А. | |
| Прив. h | 35°26,0' | Сумма [«Ист. h » + « Δh_z »]. | |
| h_c | 35°29,6' | Значение счислимой высоты светила, рассчитанной по т. «ВАС» (ТВА) или ЭКВМ. (ПК). | |
| $h - h_c$ | -3,6' | Перенос ВЛП [$n = \text{«Прив. } h\text{»} - \text{«}hC\text{»}$]. | |

Расчет истинной высоты Луны

(20.09.2000 г. навигационным секстаном измерили высоту Луны ☾: $e = 9,4$ м, $t_B^\circ = +15^\circ\text{C}$, $B_B = 750$ мм рт. ст., $V = 10$ уз. А-ПУ = 70°, $\Delta T = 2,0$ мин.)

| | | | |
|--------------|--------------|---|--|
| Отсчет | 42°12,4' | $OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3}$ Средний отсчет секстана | |
| $i + S$ | -2,2' | i – поправка индекса секстана $i = 360^\circ - OC$ (определена по *); S – инструментальная поправка – из формуляра по (OC_{CP}). | |
| Изм. h | 42°10,2' | Сумма [«отсчет» + « $i + S$ »]. | |
| Δh_d | -5,4' | Поправка за наклонение видимого горизонта – из т. 1а по значению e_M (с. 19 «ТВА-57»); Приложение 6Г. | |
| Вид. h | 42°04,8' | Сумма [«Изм. h » + « Δh_d »]. | |
| Поправки | ОП ☾ | +59,5' | Общая поправка «+» для ☾, «-» для ☽ из т. 6 (с.24÷27 «ТВА-57») по значениям «Вид. h » и p_o . p_o → из МАЕ. см. Приложение 6З. |
| | Δh_t | 0 | Поправка за температуру воздуха → из т. 5а по значениям «Вид. h » и $t_B^\circ\text{C}$ (с. 23 «ТВА-57»); Приложение 6Д. |
| | Δh_B | 0 | Поправка за атмосфер. давление → из т. 6 по значениям «Вид. h » и B_B (с. 23 «ТВА-57»); Приложение 6Е. |
| Ист. h | 43°04,3' | Сумма [«Вид. h » + «ОП» + « Δh_t » + « Δh_B »]. | |
| Δh_z | +1,2' | Поправка за приведение высот к одному зениту. $\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T$; Δh_v → из т. 7 по знач. «А-ПУ» и « V_{yz} ». ΔT → число минут до замера высоты посл. светила. Приложение 6А. | |
| Прив. h | 43°05,5' | Сумма [«Ист. h » + « Δh_z »]. | |
| h_c | 43°02,0' | Значение счислимой высоты светила, рассчитанной по т. «ВАС» (ТВА) или ЭВМ. (ПК). | |
| $h - h_c$ | +3,5' | Перенос ВЛП [$n = \text{«Прив. } h\text{»} - \text{«}hC\text{»}$]. | |

10.1.7. Задачи на исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном

| № п/п | Условие | | | | | | | Ответ <i>Ист. h</i> |
|----------|-----------|---------|-----------|---------|-------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|
| | Дата | Светило | OC_{CP} | $i + S$ | e_M | $t_B^\circ\text{C}$ | B_B , мм рт.ст. | |
| 1 | 1.07.2000 | * | 12°40,3' | +0,5' | 4,0 | +15° | 730 | 12°33,4' |
| 2 | 2.07.2000 | ☾ | 13°15,7' | +0,8' | 4,6 | +25° | 735 | 13°24,9' |
| 3 | 3.07.2000 | Марс | 14°10,3' | +1,1' | 4,9 | +15° | 740 | 14°04,0' |

| | | | | | | | | |
|----|------------|--------|----------|-------|------|------|-----|----------|
| 4 | 4.07.2000 | ☾ | 14°55,5' | +1,5' | 5,1 | +15° | 745 | 16°00,7' |
| 5 | 5.07.2000 | ✳ | 15°06,7' | +1,8' | 5,4 | +15° | 750 | 15°01,0' |
| 6 | 6.07.2000 | ♁ | 16°33,3' | +2,1' | 5,7 | +20° | 755 | 16°12,4' |
| 7 | 7.07.2000 | Венера | 17°10,1' | +2,5' | 6,0 | +15° | 760 | 17°05,4' |
| 8 | 8.07.2000 | ♁ | 18°20,2' | +3,1' | 6,3 | +15° | 765 | 18°53,1' |
| 9 | 9.07.2000 | ✳ | 19°17,7' | +2,7' | 6,6 | +15° | 770 | 19°13,3' |
| 10 | 10.07.2000 | ♁ | 20°20,2' | +2,3' | 6,9 | +25° | 775 | 20°31,3' |
| 11 | 11.07.2000 | Марс | 21°15,3' | +1,9' | 7,1 | +15° | 780 | 21°10,3' |
| 12 | 12.07.2000 | ☾ | 22°07,7' | +1,4' | 7,4 | +15° | 775 | 23°07,0' |
| 13 | 13.07.2000 | ✳ | 23°13,5' | +0,9' | 7,8 | +15° | 770 | 23°07,4' |
| 14 | 14.07.2000 | ♁ | 24°20,7' | +0,6' | 8,1 | +20° | 765 | 23°58,6' |
| 15 | 15.07.2000 | Венера | 25°25,5' | +0,2' | 8,4 | +15° | 760 | 25°18,7' |
| 16 | 16.07.2000 | ♁ | 26°15,4' | -0,3' | 8,8 | +15° | 755 | 26°43,0' |
| 17 | 17.07.2000 | ✳ | 27°07,7' | -0,8' | 9,1 | +15° | 750 | 26°59,7' |
| 18 | 18.07.2000 | ♁ | 28°15,3' | -1,3' | 9,4 | +25° | 745 | 28°22,8' |
| 19 | 19.07.2000 | Марс | 29°06,6' | -1,7' | 9,8 | +15° | 740 | 28°57,8' |
| 20 | 20.07.2000 | ☾ | 30°15,5' | -2,3' | 10,1 | +15° | 735 | 31°13,0' |
| 21 | 21.07.2000 | ✳ | 31°10,4' | -2,7' | 10,5 | +15° | 730 | 31°00,5' |
| 22 | 22.07.2000 | ♁ | 33°40,8' | -3,1' | 10,9 | +20° | 735 | 33°15,0' |
| 23 | 23.07.2000 | Венера | 31°15,7' | -3,7' | 11,3 | +15° | 740 | 31°04,6' |
| 24 | 24.07.2000 | ♁ | 30°01,3' | -3,0' | 11,7 | +15° | 745 | 30°26,1' |
| 25 | 25.07.2000 | ✳ | 29°03,7' | -2,3' | 12,0 | +15° | 750 | 28°53,6' |
| 26 | 26.07.2000 | ♁ | 28°13,5' | -1,6' | 12,4 | +25° | 755 | 28°19,9' |
| 27 | 27.07.2000 | Марс | 27°01,3' | -1,2' | 12,8 | +15° | 760 | 26°52,0' |
| 28 | 28.07.2000 | ☾ | 26°10,4' | -0,7' | 13,3 | +15° | 765 | 27°09,8' |
| 29 | 29.07.2000 | ✳ | 25°20,0' | -0,2' | 13,7 | +15° | 770 | 25°11,3' |
| 30 | 30.07.2000 | ♁ | 24°30,5' | +0,4' | 14,0 | +20° | 775 | 24°06,6' |
| 31 | 1.08.2000 | Венера | 23°10,3' | +1,0' | 14,5 | +15° | 780 | 23°02,6' |
| 32 | 2.08.2000 | ♁ | 22°03,3' | +1,5' | 15,0 | +15° | 775 | 22°32,4' |

10.2. Частные способы измерения высот светил навигационным секстаном

10.2.1. Измерение высоты светила способом «через зенит»

Этот способ применяется при плохом горизонте под светилом или при полном отсутствии горизонта (рис. 10.8), если высота светила превышает $50 \div 60^\circ$.

Через зенит измеряется угол ($\delta \Gamma f$) приближенно равный

$$h^z = 180^\circ - h'_{\text{с}} \quad (10.12)$$

(Величина h' получается обычным совмещением светила и точки f' горизонта).

Величина h^z устанавливается на секстане ($OC \approx 180^\circ - h'$), наблюдатель поворачивается спиной к светилу и измеряет угол ($\delta \Gamma f$).

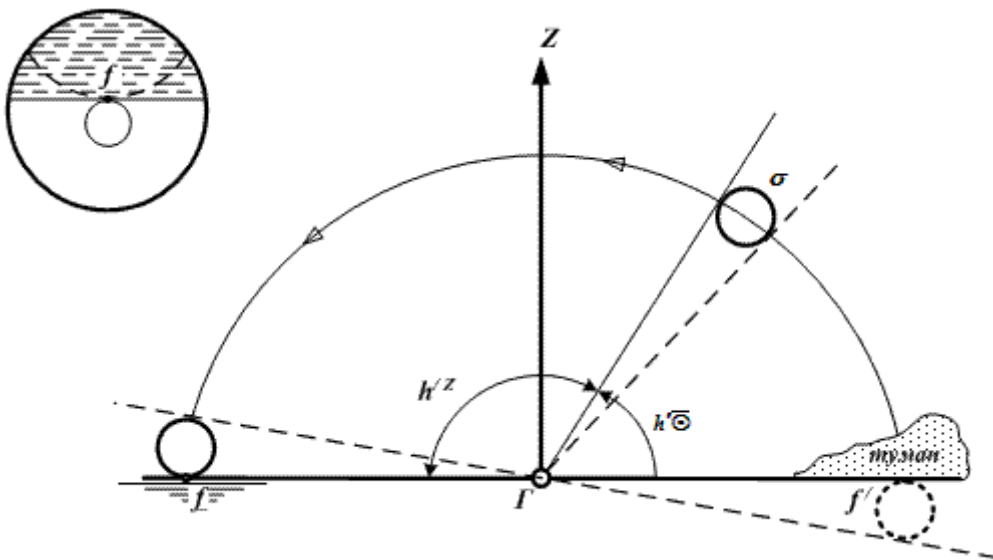


Рис. 10.8. Измерение высоты светила способом «через зенит»

Обычно этот способ применяют при наблюдениях Солнца, измеряя высоту его верхнего края. Измерение высот через зенит значительно труднее обычных способов и требует хорошей предварительной тренировки.

Высоту светила, измеренную через зенит, вначале исправляют поправкой за наклонение горизонта (при наблюдениях через зенит верхний край Солнца представляется в качестве нижнего) и результат вычитают из 180°

$$h_{\odot B}^{\odot} = 180^\circ - (h^z + \Delta h_d), \quad (10.13)$$

что соответствует результату обычного измерения и исправления высоты верхнего края Солнца. Далее вводят все остальные поправки для исправления высоты верхнего края Солнца, то есть:

$$h'_{ист} = 180^\circ - (h^z + \Delta h_d) + \Delta h_{\rho+p} - R_{\odot} \quad (10.14)$$

10.2.2. Измерение высоты светила «над урезом воды»

Этот способ применяется при отсутствии видимого морского горизонта. Высоту светила в этих условиях можно измерить:

- над урезом воды (у береговой черты, у кромки льда и др.) на расстоянии D_{Π} от судна;
- над ватерлинией другого судна, занявшего позицию на расстоянии D_{Π} на линии пеленга светила, если горизонт в этом направлении плохо различим.

Выполняются эти измерения так же, как над видимым горизонтом.

Для получения более точного результата выгодно иметь расстояние до уреза воды больше 1 миль, а возвышение глаза наблюдателя (e_M) – возможно меньше.

Исправление высоты светила, измеренной в урез воды, отличается от общего случая только тем, что взамен измеренного наклона горизонта или табличной поправки (h_d) вводится поправка за наклонение зрительного луча (d_{Π}) из «ТВА-57» табл. 1б (с. 20) или «МТ-75» табл. 11б (с. 222÷223) или «МТ-2000» табл. 3.20 (с. 352÷353), рассчитанная по формуле:

$$d_{\Pi} = 0,04136D'_{\Pi} + 18,562e / D'_{\Pi} \quad (10.15)$$

где D'_{Π} – расстояние от места наблюдателя до уреза воды (мили).

e – высота глаза наблюдателя над уровнем моря (м).

Расстояние D_{Π} лучше получить с помощью дальномера или снять с путевой карты.

Таблица 10.8 – Наклонение зрительного луча d'_n
(вычитается из измеренной высоты светила)

| D'_n мили | e_m | | | | | | | | | | D'_n мили |
|-------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-------------|
| | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | |
| 1,0 | 6,0 | 6,9 | 7,8 | 8,8 | 9,7 | 10,6 | 11,6 | 12,5 | 13,4 | 14,3 | 1,0 |
| 1,2 | 5,1 | 5,9 | 6,7 | 7,5 | 8,2 | 9,0 | 9,8 | 10,6 | 11,3 | 12,1 | 1,2 |
| 1,4 | 4,6 | 5,2 | 5,9 | 6,6 | 7,2 | 7,9 | 8,5 | 9,2 | 9,9 | 10,5 | 1,4 |
| 1,6 | 4,2 | 4,7 | 5,3 | 5,9 | 6,5 | 7,0 | 7,6 | 8,2 | 8,8 | 9,4 | 1,6 |
| 1,8 | 3,8 | 4,4 | 4,9 | 5,4 | 5,9 | 6,4 | 6,9 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 1,8 |
| 2,0 | 3,6 | 4,1 | 4,6 | 5,0 | 5,5 | 5,9 | 6,4 | 6,9 | 7,3 | 7,8 | 2,0 |
| 2,5 | 3,3 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,8 | 5,1 | 5,5 | 5,9 | 6,2 | 6,6 | 2,5 |
| 3,0 | 3,1 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,4 | 4,7 | 5,0 | 5,3 | 5,6 | 5,9 | 3,0 |
| 3,5 | 3,1 | 3,3 | 3,6 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 5,2 | 5,4 | 3,5 |
| 4,0 | – | – | 3,5 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 4,7 | 4,9 | 5,2 | 4,0 |
| 5,0 | – | – | – | – | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,5 | 4,7 | 4,9 | 5,0 |
| 6,0 | – | – | – | – | – | – | – | 4,5 | 4,7 | 4,8 | 6,0 |
| 7,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 7,0 |

Наклонение зрительного луча (d'_n) служит для исправления высоты светила, измеренной над береговой чертой, кромкой льда, ватерлинией соседнего судна и другим препятствием. (см. Приложение 6B)

При расчете d'_n приняты следующие данные:

$R'' = 6\ 371\ 116\ м$ – радиус земного шара, поверхность которого одинакова с поверхностью принятого эллипсоида;

$\chi = 0,16$ – коэффициент земной рефракции;

$1 + k = 1,00069$ – коэффициент для приведения мили данного сфероида к международной миле, равной 1852 м.

Прочерки в таблице означают препятствия за линией видимого горизонта.

Поправка (Δh_{dn}) за наклонение зрительного луча учитывается тогда, когда $D_e > D'_n$.

Например: При $e = 4,0\ м$ и расстоянии до препятствия $D'_n = 5,0\ мили$ до линии видимого горизонта $D_e \approx 2,1\sqrt{e_m} = 4,2\ мили$, то есть видимый горизонт находится ближе к наблюдателю, чем препятствие и, поэтому, высоту светила следует измерять не над препятствием, а как обычно, над линией видимого горизонта.

10.2.3. Измерение высоты светила «в искусственный горизонт»

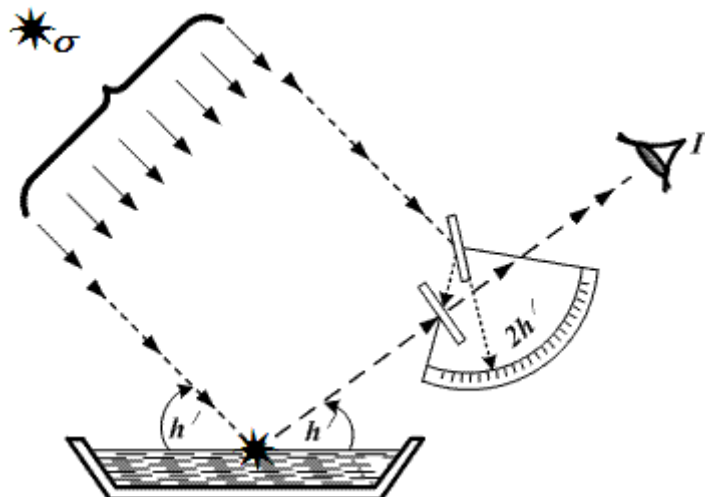


Рис. 10.9. Измерение высоты светила «в искусственный горизонт»

Истинный горизонт при измерении высоты светила этим способом воспроизводится искусственно с помощью масла (мазута, воды), налитого в плоский неглубокий сосуд (широкую банку, ведро и т.п.). Место наблюдений должно быть укрыто от ветра.

При измерениях зрительную трубу секстана направляют на изображение светила в искусственном горизонте (рис. 10.9) и совмещают с ним отраженное изображение светила, т.е. измеряют угол « $2h'$ » (двойную высоту).

Секстан при измерениях располагают возможно ближе к горизонту и измерения производят с опоры. Измеренный угол делят пополам, и получают измеренную высоту « h' ».

Измеренная высота светила данным способом вычисляется по формуле:

$$h' = 1/2(OC + i + S) \quad (10.16)$$

Исправление высоты светила, измеренной навигационным секстаном в искусственный горизонт производится обычным путем за исключением поправки за наклонение видимого горизонта, которую при данном способе учитывать не требуется.

Выводы

1. Для получения истинного значения высоты светила, измеренная высота $Изм.h = OC_{CP} + (i + S)$ должна быть, (в общем случае) исправлена:
 - поправкой за наклонение видимого горизонта (Δh_d);
 - поправкой за астрономическую рефракцию (Δh_p);
 - поправкой за параллакс светила (Δh_r);
 - поправкой за полудиаметр светила (Δh_R);
 - поправкой за температуру (Δh_t) и давление воздуха (Δh_B).
2. При «отсутствии» видимого горизонта, высота светила может быть измерена навигационным секстаном одним из частных способов:
 - измерение высоты светила способом «через зенит»;
 - измерение высоты светила над урезом воды;
 - измерение высоты светила в «искусственный горизонт».
3. Умение грамотно использовать навигационный секстан для определения места судна в открытом море является одним из элементов морской культуры судоводителя.

ГЛАВА 11. ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА СУДНА В МОРЕ МЕТОДОМ ВЫСОТНЫХ ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ

11.1. Навигационная изолиния и линия положения

В процессе ведения навигационной прокладки пути судна производятся различные наблюдения, измерения, вычисления и графические построения, целью которых является получение координат места судна на любой момент времени.

Все сведения, прямо или косвенно влияющие на выработку координат места судна и элементов его движения, составляют *навигационную информацию*.

Навигационная информация → это комплекс сведений, определяющих положение судна на местности (в море) и его элементы движения.

Величины, составляющие навигационную информацию, называются навигационными параметрами.

Навигационный параметр (НП) → это совокупность величин, характеризующих место судна и его перемещение в заданной системе координат.

К этим величинам принято относить:

- координаты места судна;
- величины, снимаемые со шкал (отчетных устройств) штурманских приборов, применяемых для определения места (пеленги, дистанции и т.д.);
- элементы счисления (курс и скорость судна, элементы дрейфа и течения и пр.);
- поправки штурманских приборов и инструментов;
- моменты времени по часам, хронометру, секундомеру.

Все навигационные параметры являются результатом каких-то измерений. Независимо от характера измеряемых величин все измерения классифицируются:

а. – по отношению к измеряемой величине – на *прямые* и *косвенные*.

- **К прямым**, или непосредственно измеренным НП относится, например, пеленг на ориентир (рис. 11.1а).
- **К косвенным** (косвенно измеренным) НП относится, например, дистанция до ориентира, вычисленная по измеренному вертикальному углу этого ориентира (рис. 11.1б).

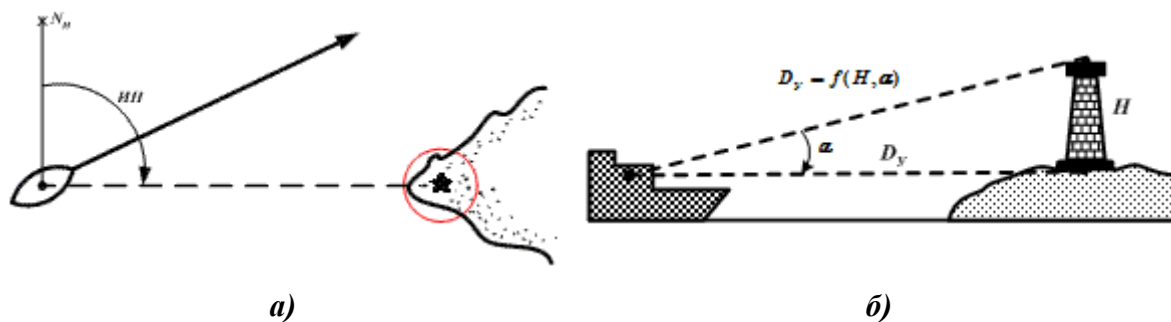


Рис. 11.1. Навигационный параметр: а) ИП-прямой; б) α-косвенный

б. – по отношению к количеству измеряемых величин – на *необходимые* и *избыточные*.

Необходимые → это измерения, число которых является наименьшим для определения искомой величины (два пеленга на два навигационных ориентира для определения места судна в море).

Избыточные → это измерения, произведенные сверх необходимых (третий пеленг на третий ориентир при определении места).

Избыточные измерения не являются «лишними», они всегда желательны, ибо повышают точность результата, позволяют выявить возможные промахи в измерениях.

с. – по отношению к условиям измерений – на *равноточные* и *неравноточные*.

Равноточные → это измерения, произведенные одним и тем же одинаковым по точности инструментом (прибором), одним и тем же приемом, одним и тем же наблюдателем и в одинаковых условиях.

Неравноточные → это измерения, производимые различными инструментами (приборами), в разных условиях, разным числом приемов или наблюдателями разной квалификации.

Каждому навигационному параметру соответствует своя линия на земной поверхности, например:

- для пеленга → **прямая линия**, проходящая через ориентир, на который измерялся пеленг и фактическое место судна на момент измерения пеленга (рис. 11.2);

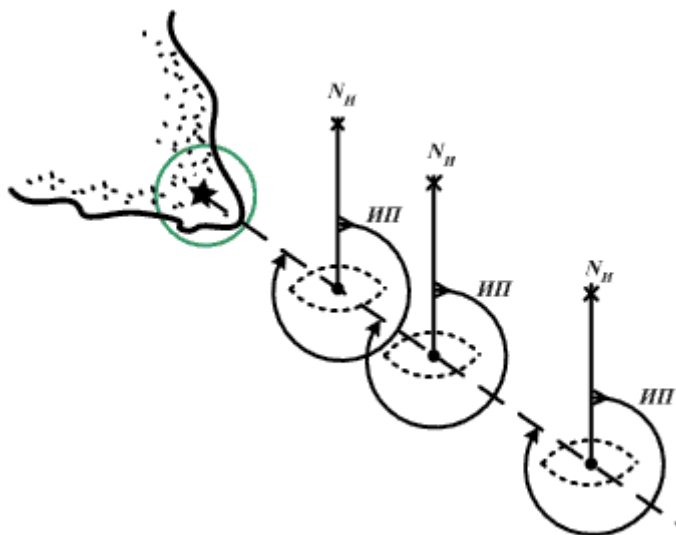


Рис. 11.2. Навигационная изолиния для визуального пеленга

- для расстояния → **окружность**, проходящая через фактическое место судна на момент измерения расстояния, с центром в точке нахождения ориентира, до которого измерялось расстояние и радиусом, равным измеренному расстоянию (рис. 11.3) и т.д.

Все эти линии на земной поверхности представляют собой геометрическое место точек, в которых значение навигационного параметра постоянно и называются навигационными изолиниями.

Навигационная изолиния → это линия на земной поверхности, каждая точка которой соответствует одному и тому же значению навигационного параметра.

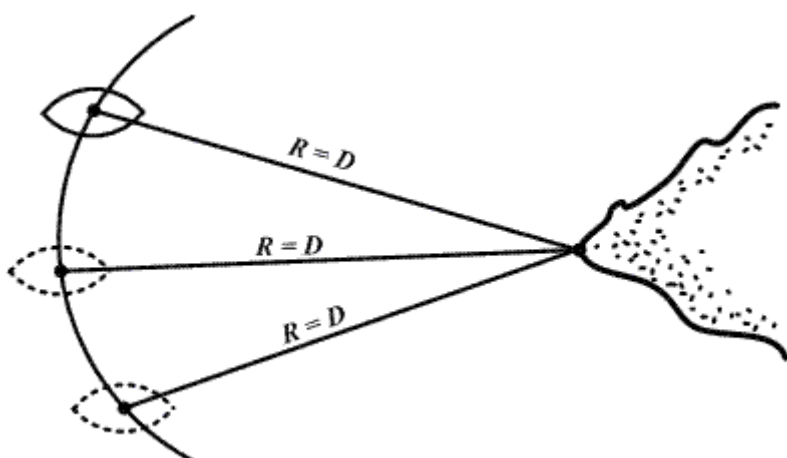


Рис. 11.3. Навигационная изолиния для расстояния до ориентира

Примечание:

В целях сокращения далее по тексту понятие «навигационная изолиния» заменяется на «изолиния».

Для большинства навигационных параметров изолинии являются кривыми линиями (окружность, гипербола и пр.), построение которых на путевой навигационной карте вызывает определенную трудность и сложность. В этих случаях изолиния может быть заменена небольшим по длине отрезком прямой линии, касательным к изолинии вблизи счислимого места.

Эти прямые линии, которые заменяют изолинии, называются *линиями положения* (рис. 11.4) → отрезки прямых линий, касательные к изолиниям вблизи счислимого места судна.

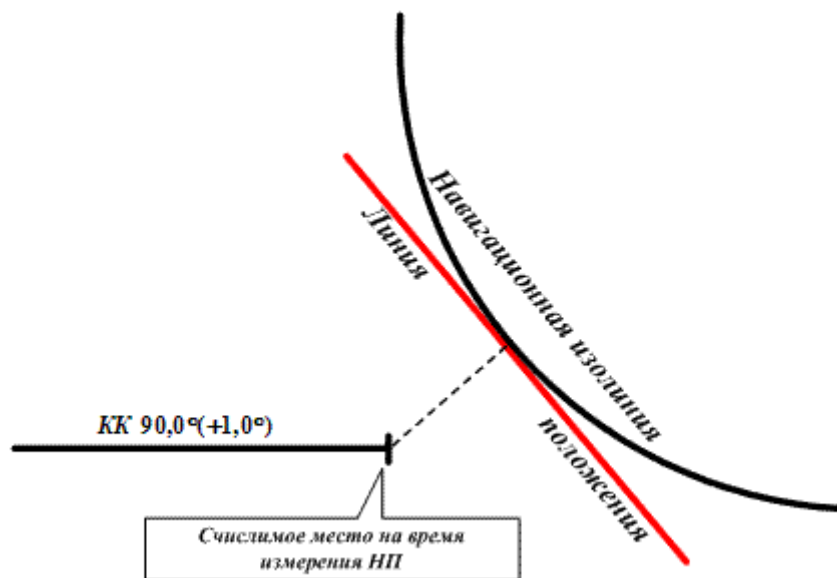


Рис. 11.4. Линия положения

Замена изолиний линиями положения позволяет более простыми приемами находить обследованное место на путевой навигационной карте.

Для получения обследованного места на карте необходимо провести минимум две линии положения, соответствующие навигационным параметрам, которые получены на одно время.

Точка их пересечения → **обсервованное место судна**.

А как же решается подобная задача при определении места по небесным светилам?

11.2. Круг равных высот (КРВ)

На рис. 11.5 показаны Земля и небесная сфера, центры которых совпадают в центре Земли – в точке O .

На небесной сфере нанесено видимое место светила (σ).

Соединив видимое место светила (σ) с центром Земли, получим на ее поверхности точку a , которая является проекцией видимого места светила (σ) на земную поверхность и называется **полюсом освещения**.

Линия $P'_N \sigma M P'_S$ – небесный меридиан светила σ .

Линия $P_N a P_S$ – проекция небесного меридиана светила на земную поверхность – географический меридиан полюса освещения a светила σ .

Линия $P_N g P_S$ – Гринвичский (нулевой) меридиан. Линия $P'_N G P'_S$ – проекция Гринвичского (нулевого) меридиана на небесную сферу.

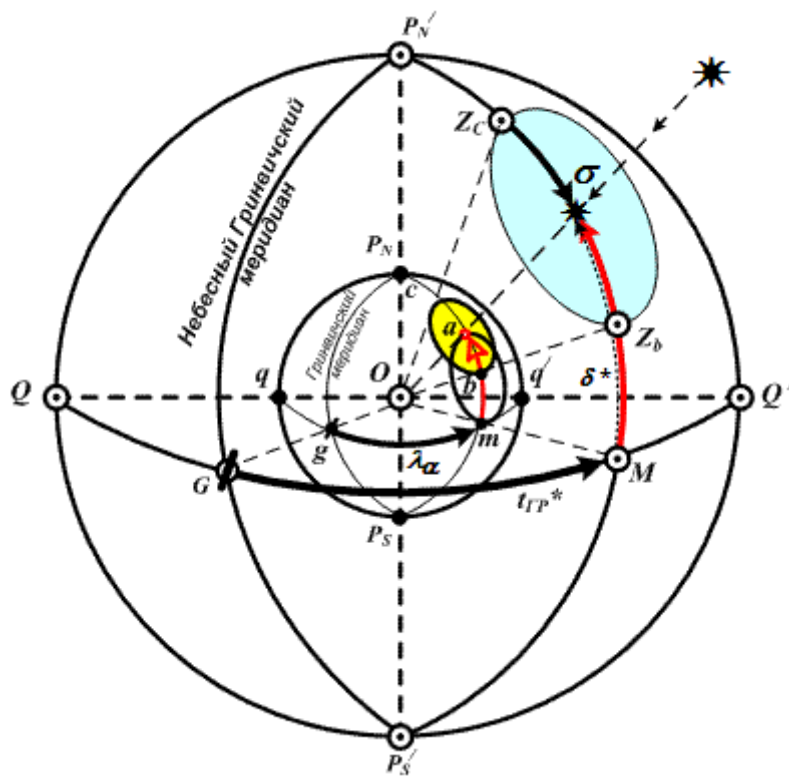


Рис. 11.5. Полюс освещения светила

Линия $gmtq'$ – земной экватор. Линия QM – проекция земного экватора на небесную сферу – небесный экватор.

Из рис. 11.5 следует, что в угловых единицах $\sphericalangle GM \approx \sphericalangle gm$, а $\sphericalangle \sigma M \approx \sphericalangle am$ – как стягивающие попарно одни и те же центральные углы.

Так как $\sphericalangle am$ – численно равно географической широте полюса освещения – φ_a , а $\sphericalangle \sigma M$ численно равна склонению светила δ^* , то

$$\varphi_a = \delta^* \quad (11.1)$$

В свою очередь $\sphericalangle gm$ численно равна географической долготе полюса освещения – λ_a , а $\sphericalangle GM$ численно равна Гринвичскому часовому углу светила $\sigma - t_{GP}^*$, то:

$$\lambda_a = t_{GP}^*(360^\circ - t_{GP}^*). \quad (11.2)$$

Таким образом, географические координаты полюса освещения численно равны экваториальным координатам светила, то есть:

$$\varphi_a = \delta^* \quad \lambda_a = t_{GP}^*(360^\circ - t_{GP}^*)$$

Экваториальные координаты светила δ^* и t_{GP}^* можно рассчитать с помощью МАЕ на любой момент времени, а значит и географические координаты полюса освещения светила можем знать на любой необходимый момент времени.

Если наблюдатель находится в полюсе освещения светила (в точке a), то он наблюдает это светило в зените, то есть истинная геоцентрическая высота данного светила $h = 90^\circ 00,0'$.

Именно только в этом случае очень просто определить место, в котором находится наблюдатель, то есть его географические координаты.

Для этого необходимо знать точное время того момента, когда высота светила $h_{ист} = 90^\circ 00,0'$ и на это время выбрать значение экваториальных координат светила из МАЕ текущего года (δ^* и t_{GP}^*) и тогда:

$$\varphi_0 = \varphi_a = \delta^* \quad \text{и} \quad \lambda_0 = \lambda_a = t_{GP}^*(360^\circ - t_{GP}^*). \quad (11.3)$$

На практике почти невозможно выполнить условие, когда истинная геоцентрическая высота светила $h = 90^\circ 00,0'$.

Чаще всего наблюдатель находится не в полюсе освещения (в точке a), а на каком-то от него удалении, например, в точке c (рис. 11.6).

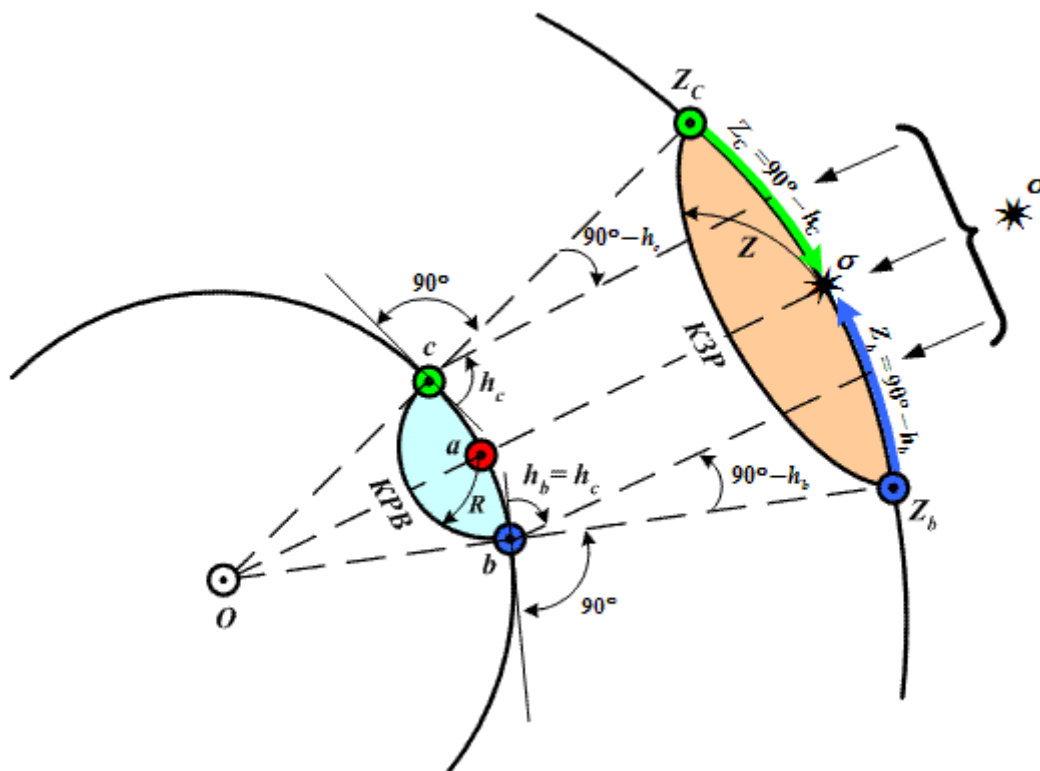


Рис. 11.6. *Круг равных высот (КРВ)*

Зенит для такого наблюдателя будет находиться в точке Z_c , которая находится на небесном меридиане светила, а $\cup Z_c\sigma$ есть зенитное расстояние

$$Z_c = 90^\circ - h_c \quad (11.4)$$

То есть, высота светила для наблюдателя, находящегося на поверхности Земли в точке «с» уже не будет равна $90^\circ 00,0'$, а будет иметь какое-то другое, вполне определенное значение h_c .

Отложив по меридиану полюса освещения отрезок дуги $\cup ab = \cup ac$, убеждаемся, что наблюдатель, находящийся на поверхности Земли в точке b , будет наблюдать светило σ на такой же высоте ($h_b = h_c$), что и наблюдатель, находящийся на поверхности Земли в точке «с», так как зенитное расстояние $Z_c\sigma$ равно зенитному расстоянию $Z_b\sigma$ по построению.

Если провести на поверхности Земли окружность сферическим радиусом $R = ab = ac$ с центром в полюсе освещения (в точке a), то окажется, что в какой бы точке этой окружности ни находился наблюдатель, он будет видеть светило σ на одной и той же высоте $h_c = 90^\circ - Z$ (в один и тот же момент времени).

Малый круг на поверхности Земли, в любой точке которого определенное светило имеет в данный конкретный момент времени одну и ту же высоту, называется *кругом равных высот (КРВ)*.

Круг равных высот является астрономической **изолинией** положения наблюдателя на поверхности Земли. Если $h^* = 90^\circ$, то КРВ представляет собой точку \rightarrow полюс освещения светила. Чем меньше высота светила, тем больший радиус будет иметь КРВ.

Если $h^* = 0$, то наблюдатель видит светило на самой линии горизонта и КРВ становится большим кругом, разделяющим поверхность Земли на освещенную и неосвещенную одинаковые части.

Такой большой круг называется *кругом освещения*.

Каждому КРВ на поверхности Земли соответствует свой круг на небесной сфере с центром в видимом месте светила (σ) и сферическим радиусом, равным зенитному расстоянию светила, то есть

$$R = Z = 90^\circ - h_c \quad (11.5)$$

Этот круг на небесной сфере называют **кругом зенитных расстояний** (КЗР) и он является астрономической изолинией положения зенита наблюдателя на небесной сфере.

Круги равных высот нетрудно нанести на глобус.

Допустим, что в какой-то момент времени (T) одновременно измерены высоты двух светил, рассчитаны истинные значения этих высот (h_1 и h_2) и определены значения зенитных расстояний:

$$Z_1 = 90^\circ - h_1 \quad Z_2 = 90^\circ - h_2$$

По значению гринвичского времени замера высот, из МАЕ выбраны значения экваториальных координат (δ и $t_{ГР}$) этих светил.

По значениям экваториальных координат светил на глобусе Земли найдены их полюсы освещения: точка $a_1 \rightarrow$ по $\delta_1 = \varphi_1$ и $t_{ГР1} = \lambda_1$; точка $a_2 \rightarrow$ по $\delta_2 = \varphi_2$ и $t_{ГР2} = \lambda_2$ (рис. 11.7).

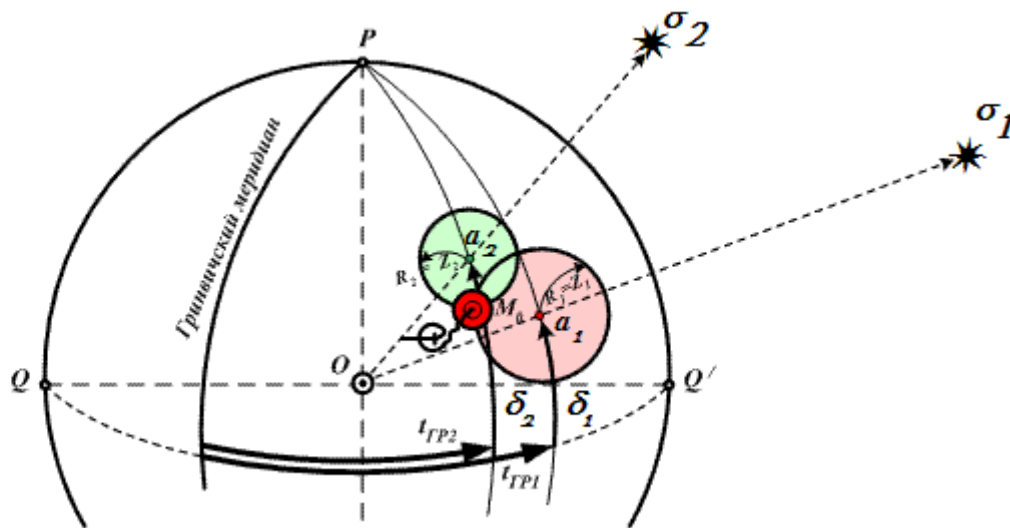


Рис. 11.7. Определение места судна по элементам двух КРВ

Радиусами, равными зенитным расстояниям Z_1 и Z_2 , проведены окружности с центрами в полюсах освещения:

$R_1 = Z_1$ – с центром в точке a_1 ;

$R_2 = Z_2$ – с центром в точке a_2 .

Круги равных высот пересекаются в двух точках. Ближайшая к счислимому месту точка пересечения и дает обсервованное место судна M_0 .

Такой простой способ определения координат обсервованного по высотам двух светил места судна не может быть применен на практике. Чтобы получить обсервованное место судна с точностью ± 1 миля, необходимо, чтобы 1 миля изображалась на глобусе отрезком в 1 мм. Для выполнения этого условия необходимо иметь глобус Земли диаметром более 7 метров.

Выполнить подобные построения на морской навигационной карте также не представляется возможным: при $h^* = 50^\circ$, $Z = 40^\circ \cdot 60' = 2400$ миль нужно проводить КРВ радиусом $R = Z = 2400$ миль. Кроме того, на морской навигационной карте меркаторской проекции круги равных высот такого радиуса будут изображаться уже не окружностями, а более сложными кривыми, построить которые очень сложно.

Недостатки рассмотренного способа определения обсервованных координат места по высотам светил можно устранить, применив метод высотных линий положения.

11.3. Метод высотных линий положения

В 1832 г. русский академик К.Х. Кнорре (1801–1883) – астроном штаба Черноморского флота – напечатал в г. Николаеве статью «Наставление для сыскания широты места», в которой была приведена формула ($\Delta h = \Delta \varphi \cdot \cos A + \Delta \omega \cdot \sin A$), являющаяся уравнением высотной линии положения. Но на нее не было обращено должного внимания.

Официально честь открытия принципа высотных линий положения принадлежит американскому капитану торгового флота Томасу Сомнеру, который в 1843 г., в статье «Новый и точный способ определения места судна в море по проекции на меркаторской карте», изложил этот принцип.

В России перевод этой статьи появился в журнале «Морской сборник» в 1849 г., где через два месяца была опубликована статья поручика корпуса флотских штурманов М.А. Акимова под названием «Другой прием графического способа определения места на море». Пример, который приводит Акимов, датирован 27 мая 1839 г., т.е. на 4 года раньше Томаса Сомнера.

В 1863 г. англичанин Джонсон предложил таблицы для упрощения расчетов по способу Акимова.

В 1875 г. адмирал французского флота Марк Сент-Илер уточнил метод построения высотных линий положения М.А. Акимова тем, что предложил строить их относительно счислимого места судна. Этот прием и является в настоящее время общепринятым.

В 1920 г. советский астроном, геодезист и картограф, профессор В.В. Каврайский (1854), распространил идею способа высотных линий положения на все случаи определения обсервованных координат места судна в море.

11.3.1. Высотная линия положения и ее элементы

В основе метода высотных линий положения заложено понятие о **высотной линии положения** (ВЛП), которую можно построить относительно счислимого места судна.

Действительное место в момент наблюдений какого-либо светила находится на круге равных высот, сферический радиус которого $R = Z = 90^\circ - h$, где h – измеренная и исправленная всеми поправками истинная геоцентрическая высота наблюденного светила.

При нормальных условиях плавания судна, его счисляемое и действительное (обсервованное) места, располагаются на сравнительно небольшом расстоянии одно от другого.

Следовательно, для получения обсервованного места судна, можно ограничиться построением малых отрезков изолиний в районе счислимого места.

Такие отрезки изолиний (кругов равных высот) малой кривизны, можно заменять прямыми линиями.

При построениях на морской навигационной карте или специальном астрономическом бланке (форма Ш-8) именно так и поступают (рис. 11.8):

- линию азимута светила проводят из счислимой точки M_c в виде прямой линии под углом к меридиану равным $A_c = ИП^*$ (азимут светила должен быть в круговой системе счета);
- высотную линию положения (ВЛП) проводят в виде прямой, касательной к кругу равных высот, соответствующего истинной высоте светила (hh).
- Точка K на круге равных высот, соответствующем истинной высоте светила, лежащая на кратчайшем расстоянии от счислимого места (M_c) называется **определяющей точкой**.
- Прямая, перпендикулярная к линии счислимого азимута светила (A_c) и проходящая через определяющую точку K , называется **высотной линией положения** ($I-I$).

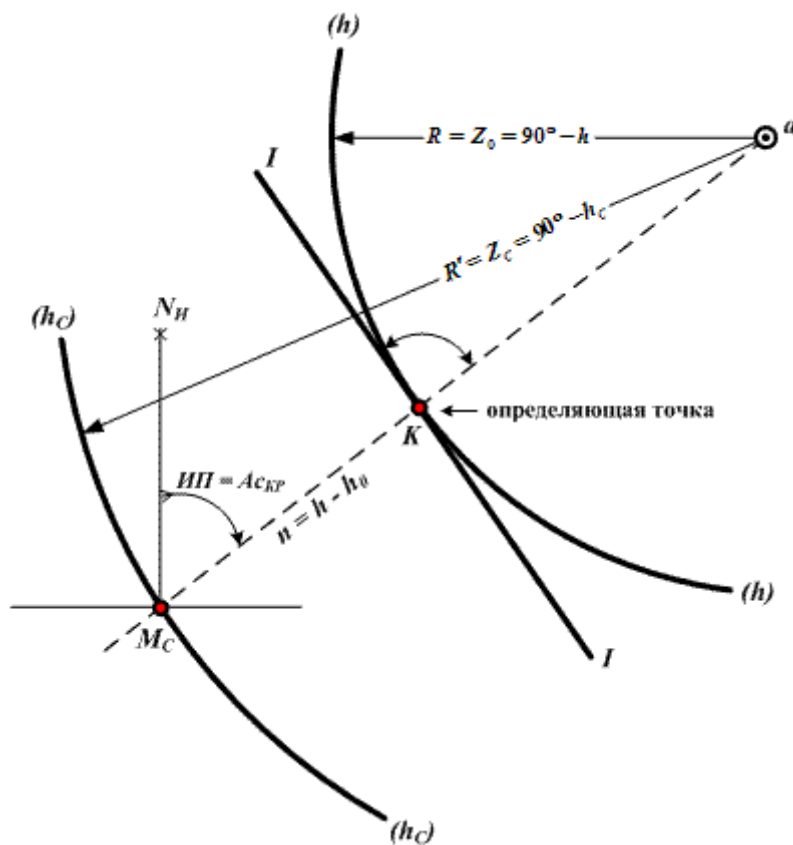


Рис. 11.8. Построение кругов равных высот на карте. Сущность метода ВЛП

Сущность метода высотных линий положения следует из рис. 11.8, на котором показаны:

- полюс освещения светила (точка a);
- счислимое место наблюдателя на время замера высоты светила (точка M_c);
- часть круга равных высот (hh), соответствующая обсервованной, то есть измеренной и исправленной всеми поправками истинной высоте светила, радиусом $R = Z_0 = 90^\circ - h$;
- часть круга равных высот (hc), соответствующая счислимой высоте того же светила, то есть высоте светила, вычисленной по координатам счислимго места (M_c) с помощью таблиц или по формулам. Радиус этого круга: $R' = Z_c = 90^\circ - h_c$.

Угол между северной частью истинного меридиана счислимго места и направлением на полюс освещения ($\angle N_H M_c a$), представляет собой истинный пеленг полюса освещения (ИП) и рассчитывается с помощью таблиц или по формулам.

ИП – это счислимый азимут светила (A_c^*) в круговой системе счета. Расстояние от счислимго места (точки M_c) до определяющей точки (точки K) – отрезок $M_c K$ – принято называть **переносом** линии положения и обозначать буквой « n ».

Перенос ВЛП (n) – расстояние от счислимго места (точки M_c) до круга равных высот (hh), соответствующего истинной высоте светила: $n = Z_c - Z_0 = (90^\circ - h_c) - (90^\circ - h) = h - h_c$.

$$n = h - h_c \quad (11.6)$$

Из рис. 11.8 следует, что для нанесения на карту ВЛП $I-I$ знать местоположение полюса освещения и строить круги равных высот (hh и hc) не требуется. Необходимо и достаточно знать значение счислимго азимута светила (A_c) и величину переноса (n).

Эти две величины (A_c и n) называют **элементами ВЛП**.

В практике, в зависимости от знака и величины переноса (n), возможны три случая прокладки высотных линий положения (рис. 11.9):

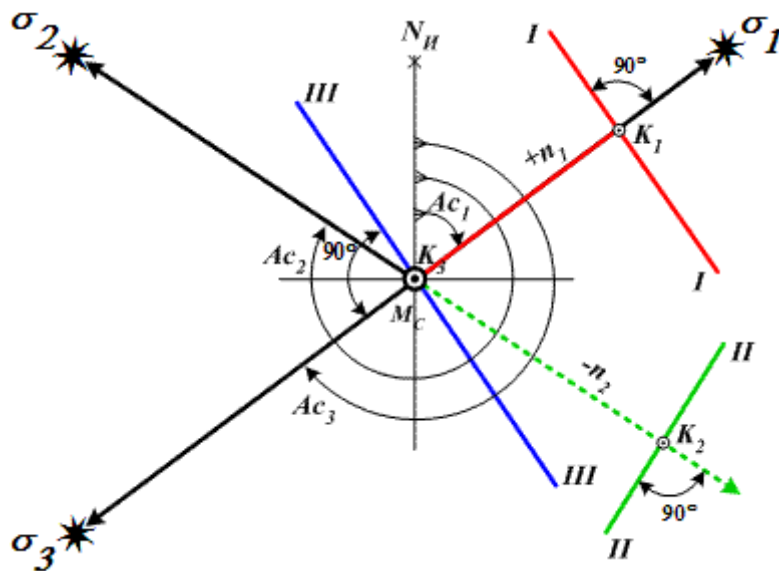


Рис. 11.9. Варианты прокладки ВЛП

1. – когда перенос (n) имеет знак «плюс» (то есть $h > h_c$).

В этом случае величина переноса (n_1) откладывается (в масштабе карты или бланка ф. Ш-8) от счислимого места (точки M_c) на линии счислимого азимута (A_{c1}) по его направлению \rightarrow т. K_1 . Отрезок прямой, проведенный через определяющую точку K_1 перпендикулярно направлению ($A_{c1} = IIII_1$) на светило (σ_1) и будет высотной линией положения ($I-I$).

2. – когда перенос (n) имеет знак «минус» (то есть $h < h_c$).

В этом случае величина переноса (n_2) откладывается (в масштабе карты или бланка ф. Ш-8) от счислимого места (точки M_c) на линии, противоположной направлению счислимого азимута (A_{c2}) \rightarrow т. K_2 . Отрезок прямой, проведенный через определяющую точку K_2 перпендикулярно направлению ($A_{c2} = IIII_2$) на светило (σ_2) и будет высотной линией положения ($II-II$).

3. – когда перенос (n) равен нулю (то есть $h = h_c$).

Это значит, что фактическое и счислимое место судна находятся на одном и том же круге равных высот и определяющая точка K_3 совпадает с т. M_c и высотная линия положения проводится через счислимое место (точку M_c) перпендикулярно к линии счислимого азимута ($A_{c3} = IIII_3$) (рис. 11.9 \rightarrow ВЛП $III-III$).

11.3.2. Определение obserвованных координат места судна на путевой карте

Ранее было установлено, что для получения obserвованного места судна необходимо построить на навигационной карте минимум две линии положения, соответствующие одному моменту времени. Точка пересечения этих линий положения и даст нам obserвованное место судна.

Задача: Рассчитать obserвованные координаты места судна, определенного астрономическим способом по измеренным высотам двух звезд, на $T_c = 19ч 20м 20сентября 2000$ г. Элементы ВЛП:

1. $\star \alpha$ Орла: $A_{c1} = 35,0^\circ SE$ ($A_{KP} = 145,0^\circ$), $n_1 = h_1 - h_{c1} = +6,0'$.
2. $\star \alpha$ Андромеды: $A_{c2} = 70,0^\circ NE$ ($A_{KP} = 70,0^\circ$), $n_2 = h_2 - h_{c2} = +4,0'$.

Решение (рис. 11.10):

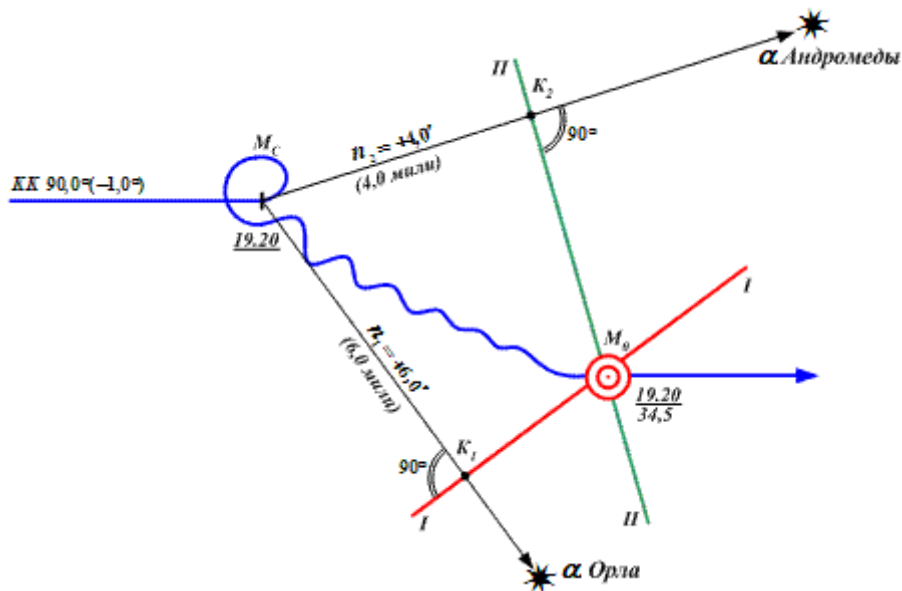


Рис. 11.10. Определение $\varphi_0 \lambda_0$ на путевой карте


1. – На $T_c = 19ч 20м$ наносим на путевую навигационную карту счислимое место судна (M_c).
2. – От счислимго места судна (т. M_c) проводим (тонко) азимуты (пеленги) на светила ($\star \alpha$ Орла – ИП = $145,0^\circ$, $\star \alpha$ Андромеды – ИП = $70,0^\circ$).
3. – По линиям азимутов, от счислимго места судна (т. M_c), откладываем в масштабе карты ($1,0':1,0$ мили) соответствующие значения переносов высотных линий положения ($6,0' = 6,0$ мили и $4,0' = 4,0$ мили) и получаем определяющие точки K_1 и K_2 .

Примечание:

Если переносы имеют знак «минус», то их величины откладываем от счислимго места судна (т. M_c) в сторону, противоположную направлениям на светила.

4. – Через определяющие точки (тт. K_1 и K_2) проводим отрезки прямых линий, которые должны быть перпендикулярны соответствующим им азимутам ($I-I \perp A_{C1}$ и $II-II \perp A_{C2}$).

Точка пересечения высотных линий положения ($I-I$ и $II-II$) и дает нам положение обсервованного места судна на карте (т. M_0).

Условное обозначение обсервованного места, полученным астрономическим способом – .

5. – Снимаем значения обсервованных координат (φ_0, λ_0), а также значения направления и величины невязки счислимго места ($C = 128^\circ - 6,4$ мили); оформляем запись в судовом журнале.

Направление невязки (128°) определяется направлением от счислимго места (от т. M_c) к обсервованному месту (к т. M_0).

Величина невязки измеряется циркулем-измерителем, как расстояние (в милях) между счислимым (т. M_c) и обсервованным местом (т. M_0), в масштабе навигационной карты (на её боковой рамке в районе обсервованного места судна).

11.3.3. Расчет обсервованных координат места судна на астрономическом бланке

Задача: Рассчитать обсервованные координаты места судна, определенного астрономическим способом по измеренным высотам двух звезд на $T_c = 19ч 20м 10$ июня 2000 г. Элементы высотных линий положения рассчитаны и составляют:

1. α Орла: $A_{C1} = 20,0^\circ SE$ ($A_{KP} = 160,0^\circ$), $n_1 = h_1 - h_{C1} = +3,5'$.
2. $\star\alpha$ Андромеды: $A_{C2} = 73,0^\circ NE$ ($A_{KP} = 73,0^\circ$), $n_2 = h_2 - h_{C2} = +4,0'$.

Решение (рис. 11.11):

1. – На $T_c = 19ч 20м$ нанести на путевую навигационную карту счислимое место судна и снять его координаты ($\varphi_c = 40^\circ 20,0'N$, $\lambda_c = 14^\circ 38,0'W$).

(Это место уже должно быть на карте, так как его координаты (φ_c , λ_c) использовались для расчета A_c и h_c).

2. – Счислимое место (т. M_c) наносим в центр оборотной стороны астрономического бланка формы Ш-8, а в форму расчета обсервованных координат (нижний правый угол бланка) записываем значения счислимых координат ($\varphi_c = 40^\circ 20,0'N$, $\lambda_c = 14^\circ 38,0'W$), судовое время (19.20) и отсчет лага (34,5).
3. – Принимаем масштаб **$M=1,0':1,0$ см.** (При значениях величин переносов $8,0'$ и более: $\rightarrow M=2,0':1,0$ см).
4. – От центра бланка (т. M_c) проводим азимуты (пеленги) на светила. **При круговой системе счета азимута используем внешнюю оцифровку бланка;** при полукруговой системе счета азимута (форма Ш-8) или четвертной системе счета азимута (форма Ш-8б) – внутреннюю оцифровку.
5. – От счислимого места судна (от т. M_c), по линиям азимутов, откладываем в избранном масштабе ($1,0':1,0$ см) соответствующие им величины переносов (по $A_{C1} \rightarrow 3,5' = 3,5$ см, а по $A_{C2} \rightarrow 4,0' = 4,0$ см) и находим положение определяющих точек (т. K_1 и т. K_2).

Если переносы имеют знак «минус», то их величины откладываем от счислимого места судна (т. M_c) в сторону, противоположную направлениям на светила (показано пунктиром).

6. – Через определяющие точки (тт. K_1 и K_2) проводим отрезки прямых линий ($I-I$ и $II-II$), которые должны быть перпендикулярны соответствующим им азимутам ($I-I \perp A_{C1}$ и $II-II \perp A_{C2}$).

Точка пересечения высотных линий положения ($I-I$ и $II-II$) и даст нам положение обсервованного места судна на астрономическом бланке (т. M_0), условное обозначение которого $\rightarrow \odot$.

7. – Снимаем значение разности широт $\Delta\varphi$, как расстояние между параллелями счислимого места (т. M_c) и обсервованного места (т. M_0), в выбранном масштабе ($\Delta\varphi = 1,7$ см, что при нашем масштабе соответствует $1,7'$). При масштабе $2,0':1,0$ см для получения разности широт φ в градусной мере (в минутах дуги меридиана), снятое расстояние (в см) между параллелями счислимого (т. M_c) и обсервованного (т. M_0) мест следует увеличить в два раза.
8. – Определяем наименование или знак разности широт (φ), при этом руководствуемся следующим правилом (для северной широты):
 - если обсервованное место (т. M_0) располагается севернее (выше) параллели счислимого места (т. M_c), то наименование разности широт $\Delta\varphi$ будет «к норду» (к N) и знак этой величины «плюс»;
 - если обсервованное место судна (т. M_0) располагается (как в нашем примере) южнее (ниже) параллели счислимого места судна (т. M_c), то наименование разности широт $\Delta\varphi$ будет «к зюйду» (к S) и знак этой величины «минус». (Для нашего примера: $\Delta\varphi = 1,7'$ к $S = -1,7'$).
9. – Рассчитываем значение обсервованной широты « φ_0 » по формуле:

$$\varphi_0 = \varphi_c N \pm \Delta\varphi^{kN} / \kappa^S \quad (11.7)$$

10. для южного полушария:

$$\varphi_0 = \varphi_c S \mp \Delta\varphi^{kN} / \kappa^S \quad (11.8)$$

11. Для нашего примера: $\varphi_0 = 40^\circ 20,0'N - 1,7'$ к $S = 40^\circ 18,3'N$.
12. – Снимаем значение *ОТШ* (отшествия), как расстояние между «меридианами» (вертикальными линиями) счислимого (т. M_c) и обсервованного мест судна (т. M_o) в выбранном масштабе (*ОТШ* = **5,3 см**, что при нашем масштабе соответствует **5,3'**). При масштабе 2,0':1,0 см и др. *ОТШ* не увеличивается.
13. – Используя угловой масштаб (левый нижний угол астрономического бланка) рассчитываем величину разности долгот ($\Delta\lambda$), для чего:
- из левого нижнего угла бланка проводим линию OA , соответствующую широте обсервованного места ($\varphi_0 \approx 40,3^\circ$);
 - от точки O , по линии нижней рамки бланка, откладываем величину отшествия ($ОТШ = 5,3$ см) – отрезок OC ;
 - из точки C проводим перпендикуляр к отрезку OC до пересечения его с линией OA – точка B ;
 - с помощью циркуля-измерителя (или линейки) снимаем значение λ , как расстояние между точками O и B ; (для нашего примера: $\Delta\lambda = 7,1$ см, что, при $M=1,0':1,0$ см, соответствует **7,1'**).

При масштабе 2,0':1,0 см снятое с бланка значение $\Delta\lambda$ следует увеличить в два раза.

14. – Определяем наименование или знак разности долгот (λ), при этом руководствуемся следующим правилом:
- при плавании в восточном полушарии (λ_E):**
 - если обсервованное место судна (т. M_o) располагается на бланке восточнее (правее) его счислимого места (т. M_c), то наименование разности долгот ($\Delta\lambda$) будет «к исту» (к E) и знак этой величины – «плюс». (Для нашего примера – $\Delta\lambda = 7,1'$ к $E = +7,1'$);
 - если обсервованное место судна (т. M_o) располагается на бланке западнее (левее) его счислимого места (т. M_c), то наименование разности долгот (λ) будет «к весту» (к W) и знак этой величины – «минус».
 - при плавании в западном полушарии (λ_W)** наименование и знак λ определяется аналогично п. *a*), но знаки величин $\Delta\lambda$ будут противоположны.
15. – Рассчитываем значение обсервованной долготы λ_o по формуле:

$$\lambda_o = \lambda_c E \pm \Delta\lambda^{kE / kW} \quad (11.9)$$

16. или

$$\lambda_o = \lambda_c W \mp \Delta\lambda^{kE / kW} \quad (11.10)$$

17. Для нашего примера: $\lambda_o = 14^\circ 38,0'W - 7,1'$ к $E = 14^\circ 30,9'W$.
18. – По рассчитанным координатам ($\varphi_0 = 40^\circ 18,3'N$, $\lambda_o = 14^\circ 30,9'W$) наносим обсервованное место судна на путевую навигационную карту, снимаем направление и величину невязки счислимого места, оформляем запись в судовом журнале.

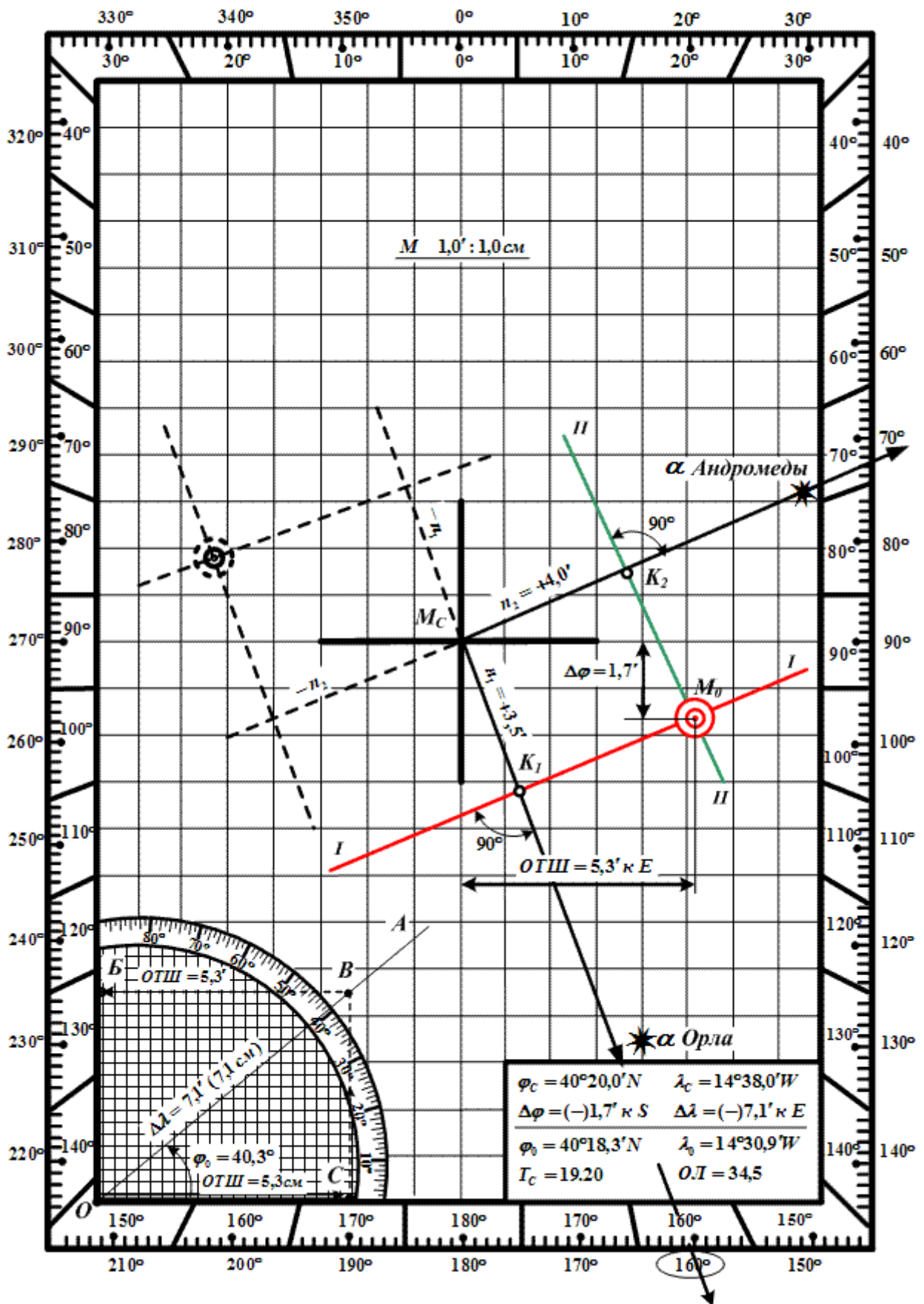


Рис. 11.11. Расчет $\varphi_0 \lambda_0$ на бланке формы Ш-8

11.3.4. Правила определения наименования (знака) $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$

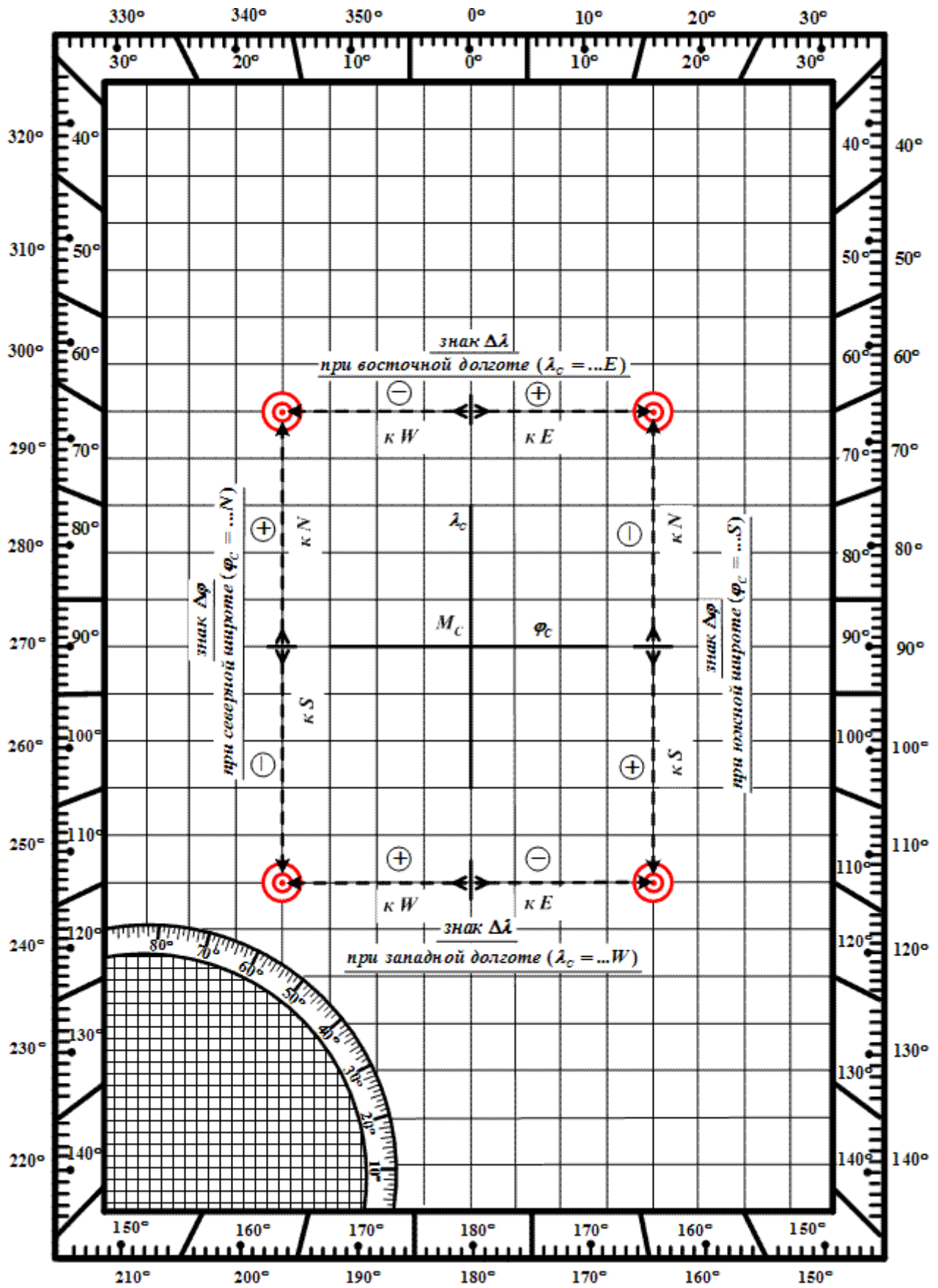


Рис. 11.12. Правило определения знаков (наименования) $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$

11.3.5. Примеры расчета наблюдаемых координат по элементам ВЛП

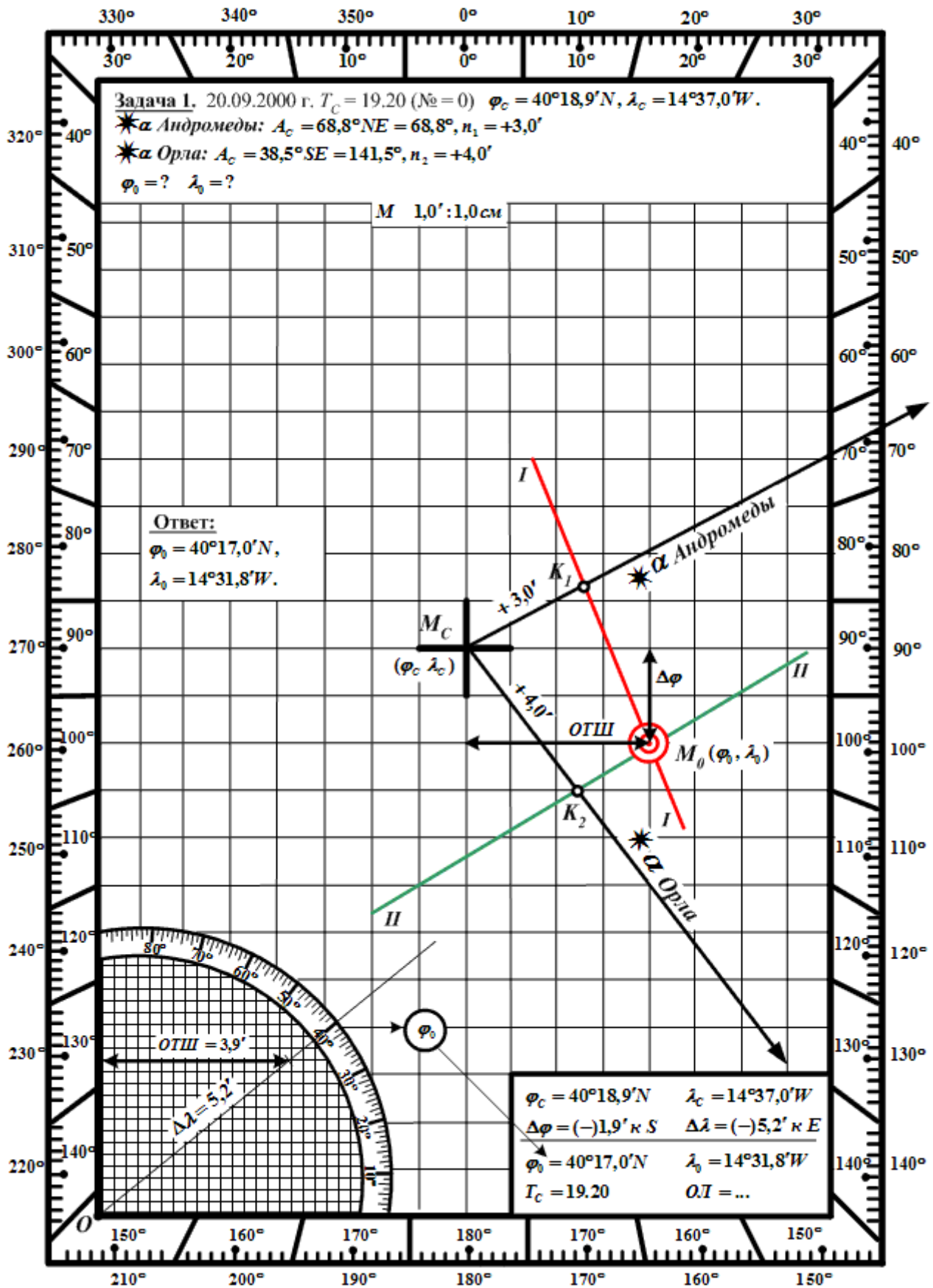


Рис. 11.13. Расчет $\varphi_0 \lambda_0$ по элементам двух ВЛП

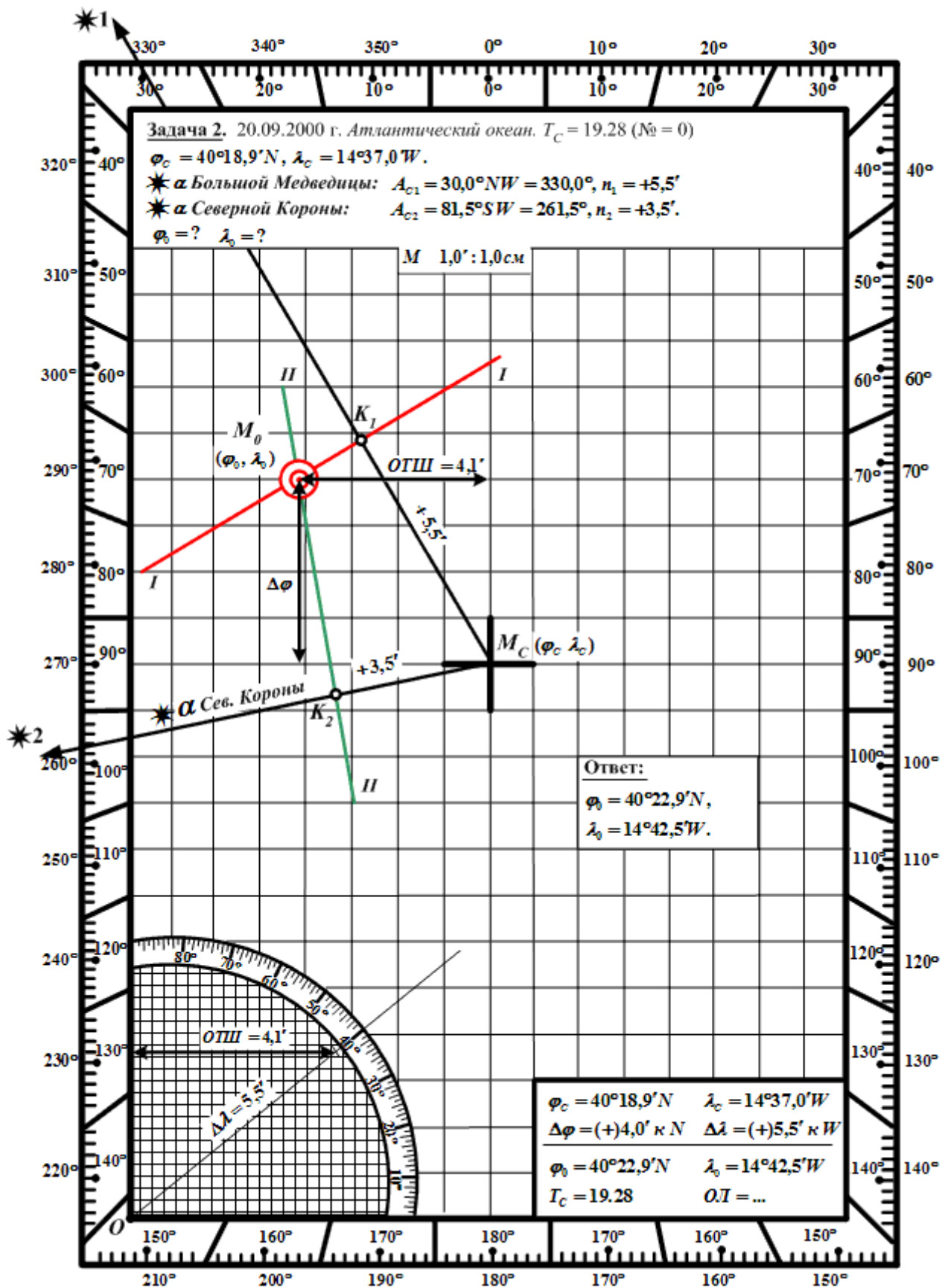


Рис. 11.14. Расчет $\varphi_0 \lambda_0$ по элементам двух ВЛП

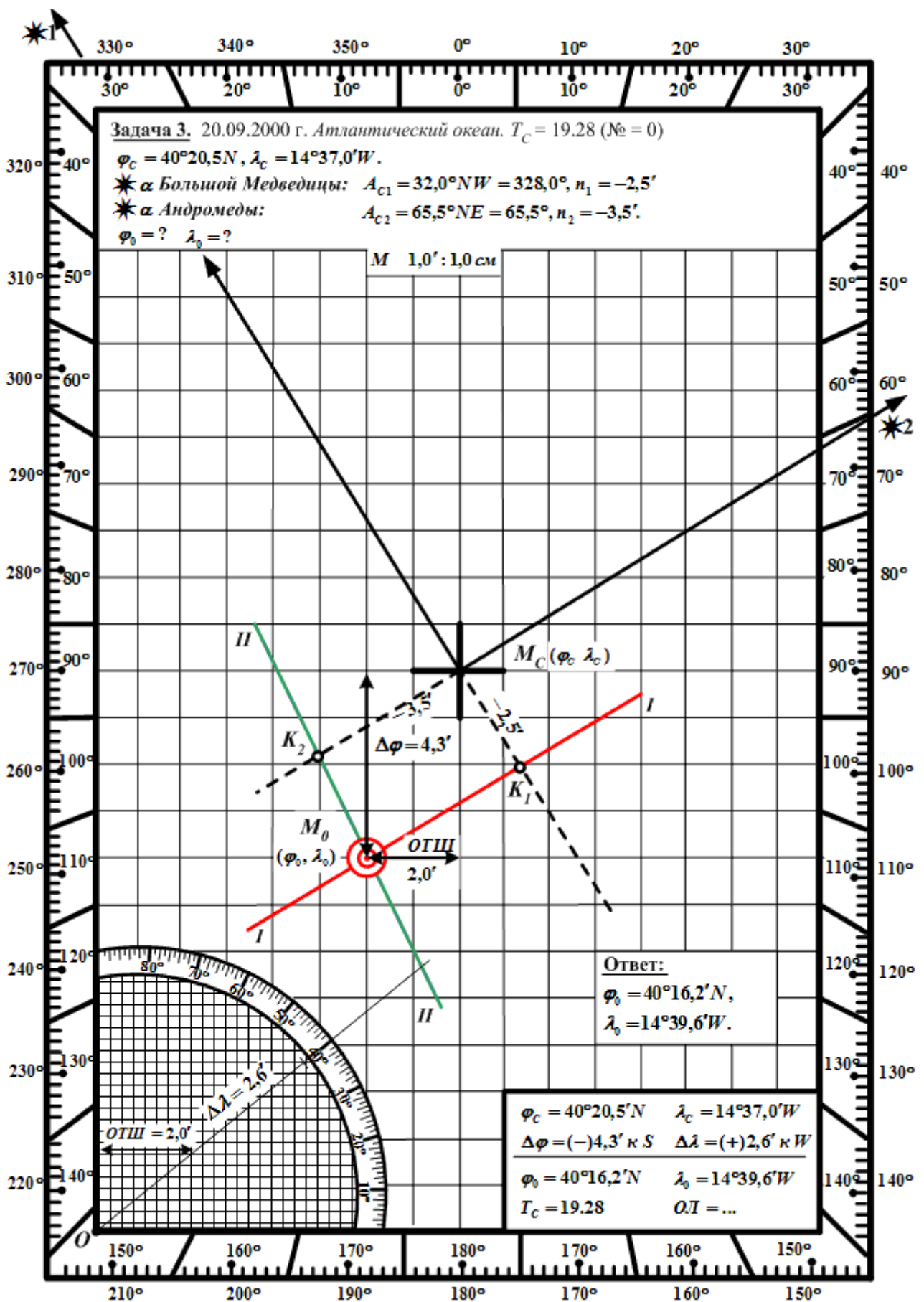


Рис. 11.15. Расчет $\varphi_0 \lambda_0$ по элементам двух ВЛП

11.3.6. Задачи на расчет обсервованных координат места судна по элементам двух высотных линий положения

(Бланк формы «Ш-8Б»)

| | Условие | | | | | | Ответ | |
|----|-------------|-------------|----------|-------|----------|-------|-------------|-------------|
| | φ_c | λ_c | A_{C1} | n_1 | A_{C2} | n_2 | φ_0 | λ_0 |
| 1 | 42°12,0'N | 30°42,0'E | 88,0°NW | +5,0' | 37,6°NW | +5,0' | 42°14,5'N | 30°35,4'E |
| 2 | 42°12,0'N | 30°38,0'E | 38,6°NW | +6,0' | 24,6°SW | -2,0' | 42°16,2'N | 30°32,1'E |
| 3 | 42°12,0'N | 30°38,0'E | 73,9°NW | +5,0' | 54,1°SW | +6,0' | 42°09,8'N | 30°30,1'E |
| 4 | 42°12,0'N | 30°43,0'E | 20,0°SW | +5,6' | 59,8°NW | -3,0' | 42°06,0'N | 30°43,0'E |
| 5 | 42°12,0'N | 30°43,0'E | 55,8°NW | -3,0' | 0,2°SW | -5,3' | 42°17,3'N | 30°52,8'E |
| 6 | 42°12,0'N | 30°44,0'E | 7,5°SW | +5,6' | 44,5°SE | +4,0' | 42°06,3'N | 30°44,0'E |
| 7 | 42°12,0'N | 30°46,0'E | 35,7°SE | +4,0' | 48,0°NE | +5,0' | 42°12,0'N | 30°55,1'E |
| 8 | 42°12,0'N | 30°46,0'E | 66,9°SE | -4,2' | 39,6°NE | -3,0' | 42°12,0'N | 30°39,8'E |
| 9 | 42°12,0'N | 30°48,0'E | 87,7°SE | -4,0' | 17,3°NE | +3,7' | 42°17,1'N | 30°42,9'E |
| 10 | 42°12,0'N | 30°48,0'E | 48,1°NE | -2,0' | 39,5°SE | +5,0' | 42°07,0'N | 30°50,4'E |
| 11 | 42°12,0'N | 30°50,0'E | 63,7°SE | +5,0' | 21,9°SW | +2,0' | 42°08,3'N | 30°55,1'E |
| 12 | 42°12,0'N | 30°50,0'E | 69,3°NW | +5,0' | 39,5°NE | -4,0' | 42°11,4'N | 30°42,5'E |
| 13 | 42°12,0'N | 30°52,0'E | 5,0°SE | +4,1' | 70,8°SW | +3,0' | 42°07,7'N | 30°49,7'E |
| 14 | 42°12,0'N | 30°52,0'E | 57,7°NW | +6,0' | 40,3°SW | -2,0' | 42°17,6'N | 30°47,2'E |
| 15 | 42°24,0'N | 12°31,0'W | 85,0°SW | +4,0' | 24,0°SW | -2,0' | 42°28,2'N | 12°36,9'W |
| 16 | 42°24,0'N | 12°39,0'W | 67,6°SW | -3,0' | 9,1°SE | +5,0' | 42°19,7'N | 12°32,2'W |
| 17 | 42°24,0'N | 29°53,0'W | 53,5°SE | -2,0' | 56,4°NE | +5,0' | 42°30,1'N | 29°38,3'W |
| 18 | 42°24,0'N | 29°53,0'W | 0,9°SE | +4,0' | 71,0°NE | -3,4' | 42°20,0'N | 29°56,0'W |
| 19 | 42°24,0'N | 9°18,0'W | 34,8°SW | -3,0' | 52,3°SE | +5,0' | 42°23,5'N | 9°09,9'W |
| 20 | 42°24,0'N | 9°18,0'W | 27,7°SE | -5,0' | 35,8°NE | -3,0' | 42°25,7'N | 9°28,2'W |
| 21 | 42°24,0'N | 32°12,0'W | 69,2°NE | -3,0' | 23,2°SE | -4,0' | 42°26,6'N | 32°17,7'W |
| 22 | 42°24,0'N | 33°28,0'W | 48,1°NE | -2,0' | 74,3°SE | +3,0' | 42°19,1'N | 33°25,7'W |
| 23 | 42°24,0'N | 43°23,0'W | 12,9°SW | +5,0' | 83,8°SW | +4,0' | 42°19,7'N | 43°27,8'W |
| 24 | 42°24,0'N | 45°18,0'W | 57,0°NE | +5,0' | 44,2°SE | +2,0' | 42°25,9'N | 45°11,6'W |
| 25 | 42°24,0'N | 13°45,0'W | 61,1°NE | +5,0' | 41,6°SE | -2,0' | 42°29,2'N | 13°41,2'W |
| 26 | 42°24,0'N | 17°12,0'W | 82,0°NE | +4,0' | 9,7°SE | +3,0' | 42°21,7'N | 17°06,1'W |
| 27 | 42°24,0'N | 33°17,0'W | 73,5°SW | +4,0' | 3,0°NW | -2,0' | 42°21,8'N | 33°21,8'W |
| 28 | 42°24,0'N | 34°26,0'W | 64,0°NE | +3,0' | 15,7°SE | +3,0' | 42°22,1'N | 34°20,2'W |
| 29 | 42°24,0'N | 8°33,0'W | 66,8°SE | +5,0' | 62,6°SW | +1,0' | 42°17,1'N | 8°29,7'W |
| 30 | 42°24,0'N | 10°27,0'W | 31,3°NE | +4,0' | 37,6°NW | -2,0' | 42°25,5'N | 10°19,9'W |

Выводы

1. При высоте светила равной 90° географические координаты обсервованного места (полюса освещения) численно равны экваториальным координатам этого светила, т.е. $\varphi_0 = \varphi_a = \delta^*$, $\lambda_0 = \lambda_a = t_{GP}^*$.
2. **Круг равных высот** – малый круг на поверхности Земли, в любой точке которого определенное светило имеет в данный момент одну и ту же высоту.
3. **Высота светила** – навигационный параметр. **Круг равных высот** – изолиния высоты. **Обсервованное место** – ближайшая к счислимому месту точка пересечения двух КРВ, соответствующих одновременно измеренным высотам светил.
4. При решении задач изолинии заменяются отрезками прямых, касательных к изолиниям вблизи счислимого места – **высотными линиями положения**, элементами которых являются: 1) азимут светила $A_{СКР} = III$; 2) перенос $n = h - h_c$.

ГЛАВА 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В МОРЕ ПО ВЫСОТАМ СВЕТИЛ

12.1. Общие положения. Обоснование способа

Для определения места судна в море по высотам двух звезд необходимо, чтобы в видимости наблюдателя находились эти две звезды и, чтобы направления на них отличались на величину более 30° , а высоты их, по возможности, находились в пределах $30^\circ \div 70^\circ$.

После измерения и исправления высот этих звезд и расчета элементов высотных линий положения ($ВЛП_1 \rightarrow A_{C1}, n_1 = h_1 - h_{C1}$; $ВЛП_2 \rightarrow A_{C2}, n_2 = h_2 - h_{C2}$), обсервованное (фактическое) место принимается в точке пересечения $ВЛП_1$ и $ВЛП_2$ (рис. 12.1).

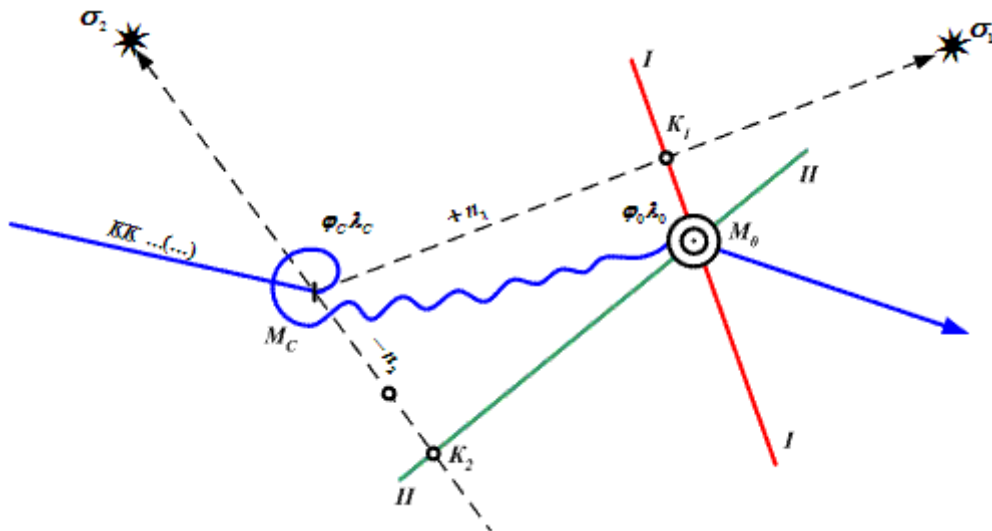


Рис.12.1. Нахождение $\varphi_0 \lambda_0$ по измеренным высотам двух светил

В общем случае, для получения обсервованного по высотам двух светил места судна в море, необходимо:

1. – измерить высоты светил навигационным секстаном;
2. – исправить измеренные высоты светил всеми поправками и получить значения истинных геоцентрических высот этих светил («Ист. h_1 » и «Ист. h_2 »);
3. – привести высоты светил к одному моменту времени (как правило, ко времени измерения высоты последней звезды) и получить приведенное значение высоты одного из светил («Прив. h_1 »);
4. – вычислить значения счислимых высот (h_{C1} и h_{C2}) и азимутов (A_{C1} и A_{C2}) светил для координат счислимого места судна (φ_c и λ_c), используя астрономические таблицы или по формулам;
5. – рассчитать элементы каждой ВЛП относительно счислимого места судна ($ВЛП_1 \rightarrow A_{C1}, n_1 = \text{Прив. } h_1 - h_{C1}$; $ВЛП_2 \rightarrow A_{C2}, n_2 = \text{Ист. } h_2 - h_{C2}$);
6. – построить высотные линии положения на путевой навигационной карте (астрономическом бланке ф. Ш-8) и определить обсервованные координаты (φ_0 и λ_0), как координаты точки пересечения $ВЛП_1$ («I–I») и $ВЛП_2$ («II–II»).

Обсервованное место судна можно принять в точке пересечения двух линий положения только в том случае, когда они соответствуют одному месту наблюдателя, то есть одному моменту времени наблюдений.

При измерении же высот даже двух светил, одним наблюдателем, между первым и вторым измерениями высот пройдет некоторое время, за которое счислимое место судна переместится на определенное расстояние.

В результате этого высоты светил будут измерены из разных точек, а для получения обсервованного места их необходимо приводить к одному месту наблюдений, то есть к одному зениту.

12.2. Приведение высот светил к одному зениту

12.2.1. Общие положения

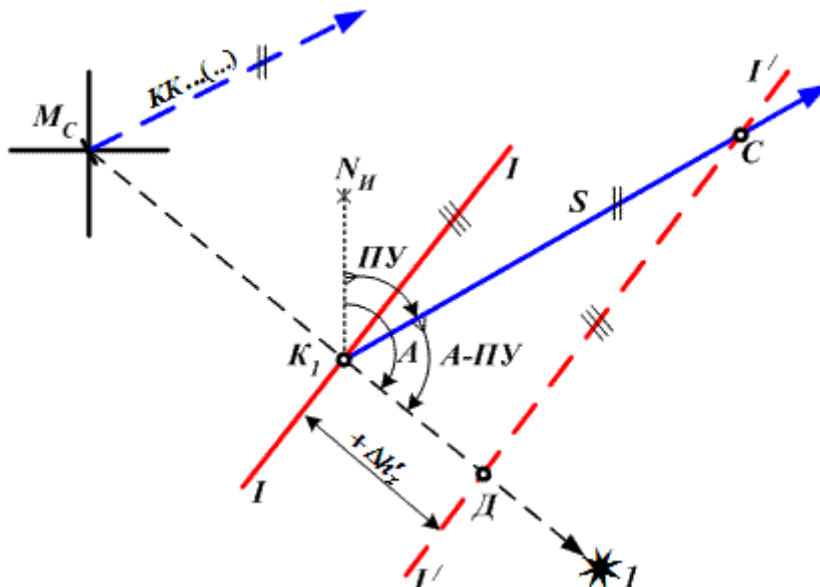


Рис.12.2. Приведение высот светил к одному зениту

Приведение высот светил к одному зениту графически означает (рис. 12.2) вмещение соответствующего отрезка пути (K_1C), пройденного за время между замерах высот, расстояния (S) от определяющей точки (K_1) по линии пути (линии курса).

Так как время между замерах высот первой и второй звезды незначительно (до 10 мин), то приведение высот к одному зениту производится по формуле:

$$\Delta h'_z = S \cdot \cos(A - \text{ПУ}) \quad (12.1)$$

где $\Delta h'_z$ – поправка высоты для приведения измерений к одному зениту, значение которой откладывается от определяющей точки (K_1) по направлению A_{C_1} (если величина $\Delta h'_z$ положительна) или в сторону, противоположную A_{C_1} , (если величина $\Delta h'_z$ отрицательна);

$(A - \text{ПУ})$ – курсовой угол на светило → угол между линией пути (курса) и направлением на светило.

На практике поправка $\Delta h'_z$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T \quad (12.2)$$

где Δh_v – изменение высоты светила за 1 минуту;

ΔT – промежуток времени (до десятых долей минуты) между замерах высот светил.

Значение величины Δh_v выбирается из специальной таблицы «Приведение высот светил к одному зениту Δh_v »: табл. 7 «ТВА-57» (с. 28) или табл. 16 «МТ-75» (с. 229) или табл. 3.32 «МТ-2000» (с. 365) по значению скорости хода ($V_{уз}$) и значению курсового угла на светило ($A - \text{ПУ}$) → см. табл. 12.1. или Приложение 6А.

Таблица 12.1 – Приведение высот светил к одному зениту (Δh_v)

| $V_{уз}$ | Курсовой угол на светило | | | | | | | | | | $V_{уз}$ |
|----------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | $0^\circ \downarrow$ | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° | |
| | $360^\circ \downarrow$ | 350° | 340° | 330° | 320° | 310° | 300° | 290° | 280° | 270° | |
| | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 4 | 0,07' | 0,07' | 0,06' | 0,06' | 0,05' | 0,04' | 0,03' | 0,02' | 0,01' | 0,0 | 4 |
| 6 | 0,1' | 0,1' | 0,09' | 0,09' | 0,08' | 0,06' | 0,05' | 0,03' | 0,02' | 0,0 | 6 |
| 8 | 0,13' | 0,13' | 0,13' | 0,12' | 0,10' | 0,09' | 0,07' | 0,05' | 0,02' | 0,0 | 8 |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|----------|
| 10 | 0,17' | 0,16' | 0,16' | 0,14' | 0,13' | 0,11' | 0,08' | 0,06' | 0,03' | 0,0 | 10 |
| 12 → | 0,20' | 0,20' | 0,19' | 0,17' | 0,15' | 0,13' | 0,10' | 0,07' | 0,03' | 0,0 | 12 |
| 14 | 0,23' | 0,23' | 0,22' | 0,20' | 0,18' | 0,15' | 0,12' | 0,08' | 0,04' | 0,0 | 14 |
| 16 → | 0,27 | 0,26' | 0,25' | 0,23' | 0,20' | 0,17' | 0,13' | 0,09' | 0,05' | 0,0 | 16 |
| 18 | 0,30' | 0,30' | 0,28' | 0,26' | 0,23' | 0,19' | 0,15' | 0,10' | 0,05' | 0,0 | 18 |
| 20 | 0,33' | 0,33' | 0,31' | 0,29' | 0,26' | 0,21' | 0,17' | 0,11' | 0,06' | 0,0 | 20 |
| 22 | 0,37' | 0,36' | 0,34' | 0,32' | 0,28' | 0,24' | 0,18' | 0,13' | 0,06' | 0,0 | 22 |
| 24 | 0,40' | 0,39' | 0,38' | 0,35' | 0,31' | 0,26' | 0,20' | 0,14' | 0,07' | 0,0 | 24 |
| 26 | 0,43' | 0,43' | 0,41' | 0,38' | 0,33' | 0,28' | 0,22' | 0,15' | 0,08' | 0,0 | 26 |
| 28 | 0,47' | 0,46' | 0,44' | 0,40' | 0,36' | 0,30' | 0,23' | 0,16' | 0,08' | 0,0 | 28 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| V_{yz} | 180° | 190° | 200° | 210° | 220° ↑ | 230° | 240° | 250° | 260° | 270° | V_{yz} |
| | 180° | 170° | 160° | 150° | 140° ↑ | 130° | 120° | 110° | 100° | 90° | |
| Курсовой угол на светило | | | | | | | | | | | |

Пример:

1. $V = 12$ уз. *₁ 20.20 $A_{Cl} = 20,0^\circ SW (200,0^\circ);$ $ИК = 200,0^\circ.$
 $\Delta h_z = ?$ *₂ 20.25
 $- A-ПУ = 200,0^\circ - 200,0^\circ = 0,0^\circ;$ $\Delta h_v = +0,20'$
 $\Delta T = 20.25 - 20.20 = 5$ мин., $\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T = +0,2' \cdot 5' = +1,0'$
Ответ: $\Delta h_z = +1,0'$.

2. $V = 16$ уз. *₁ 19.55 $A_{Cl} = 10,0^\circ NW (350,0^\circ);$ $ИК = 210,0^\circ.$
 $\Delta h_z = ?$ *₂ 20.02
 $- A-ПУ = 350,0^\circ - 210,0^\circ = 140,0^\circ;$ $\Delta h_v = -0,20'$
 $\Delta T = 20.02 - 19.55 = 7$ мин., $\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T = -0,2' \cdot 7' = -1,4'$
Ответ: $\Delta h_z = -1,4'$.

Истинная геоцентрическая высота светила, исправленная поправкой Δh_z называется приведенной высотой светила («Прив. h »).

$$\text{Прив. } h_1 = \text{Ист. } h_1 + \Delta h_z \quad (12.3)$$

В результате приведения первой высоты ко второй, перенос $BЛП_1$ определяется по формуле:

$$n_1 = \text{Прив. } h_1 - h_{Cl} \quad (12.4)$$

а перенос $BЛП_2$ – по формуле:

$$n_2 = \text{Ист. } h_2 - h_{C2} \quad (12.5)$$

12.2.2. Задачи на вычисление поправки за приведение высот светил к одному (последнему) моменту при определении места судна по высотам двух звезд

($\Delta h_z = \Delta h_v \cdot \Delta T$; Δh_v – из т. 7 «ТВА-57» (с. 28) по «V» и «А-ПУ»); $\Delta T = T_{CP2} - T_{CP1}$).

(см. Приложение 6А)

| | Условие | | | | | Ответ |
|----|----------------------------|----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | T_{CP1} (час, мин, сек.) | T_{CP2} (час, мин, сек.) | A_{CP1} | $ИК$ | V (уз.) | |
| 1 | 06.42.31 | 06.45.01 | 87,8°NW | 72° | 10 | -0,4' |
| 2 | 06.46.18 | 06.48.30 | 38,6°NW | 21° | 12 | +0,2' |
| 3 | 06.49.59 | 06.51.31 | 73,9°NW | 16° | 14 | 0' |
| 4 | 06.51.17 | 06.54.29 | 20,0°SW | 100° | 16 | -0,2' |
| 5 | 06.53.46 | 06.56.40 | 55,8°SW | 16° | 18 | -0,7' |
| 6 | 06.57.37 | 06.56.49 | 7,5°SW | 37,5° | 20 | -0,6' |
| 7 | 07.01.26 | 07.03.44 | 35,6°SE | 5° | 18 | -0,5' |
| 8 | 07.03.43 | 07.06.31 | 66,9°SE | 23° | 16 | 0' |
| 9 | 07.07.29 | 07.10.23 | 87,7°SE | 22° | 14 | +0,2' |
| 10 | 07.09.45 | 07.12.39 | 48,1°NE | 18° | 12 | +0,5' |
| 11 | 07.11.32 | 07.12.50 | 63,7°SE | 46° | 10 | +0,1' |
| 12 | 07.14.12 | 07.16.30 | 69,3°NW | 31° | 12 | -0,1' |
| 13 | 07.15.23 | 07.17.35 | 5,0°SE | 25° | 14 | -0,4' |
| 14 | 07.17.47 | 07.20.29 | 57,7°NW | 22° | 16 | +0,1' |
| 15 | 21.16.15 | 21.18.33 | 85,0°SW | 55° | 18 | -0,6' |
| 16 | 21.18.32 | 21.20.02 | 67,6°SW | 18° | 20 | -0,3' |
| 17 | 20.50.16 | 20.52.28 | 53,3°SE | 7° | 18 | -0,3' |
| 18 | 20.52.35 | 20.53.53 | 0,7°SE | 9° | 16 | -0,3' |
| 19 | 21.35.33 | 21.37.51 | 34,8°SW | 5° | 14 | -0,5' |
| 20 | 21.37.58 | 21.40.04 | 27,7°SE | 12° | 12 | -0,3' |
| 21 | 20.38.17 | 21.40.11 | 69,0°NE | 19° | 10 | +0,2' |
| 22 | 20.39.33 | 20.41.39 | 48,1°NE | 48° | 12 | +0,4' |
| 23 | 20.56.12 | 20.58.42 | 12,9°SW | 193° | 14 | +0,6' |
| 24 | 20.57.31 | 21.00.01 | 57,0°NE | 7° | 16 | +0,4' |
| 25 | 22.14.27 | 22.16.57 | 61,1°NE | 21° | 18 | +0,6' |
| 26 | 22.16.42 | 22.19.30 | 82,0°NE | 12° | 20 | +0,3' |
| 27 | 21.45.37 | 21.47.43 | 73,5°SW | 154° | 18 | -0,1' |
| 28 | 21.50.04 | 21.52.58 | 64,0°NE | 54° | 16 | +0,8' |
| 29 | 22.24.18 | 22.27.12 | 66,8°SE | 73° | 14 | +0,5' |
| 30 | 22.28.53 | 22.30.59 | 31,0°NE | 0° | 12 | +0,4' |

12.3. Практическое выполнение способа определения места судна по высотам двух светил (звезд)

1. – Подготовить к наблюдениям навигационный секстан, рабочие часы и бланк записи астрономических наблюдений.
2. – Проверить перпендикулярность зеркал секстана плоскости азимутального лимба.
3. – Определить поправку рабочих часов (U_v), по сигналам точного времени или по сличению с хронометром, поправка которого определена.
4. – Определить поправку индекса секстана (i) по звезде.
5. – Произвести подбор звезд для наблюдений ($h > 30^\circ$, $\Delta A = 60^\circ \div 120^\circ$), опознать эти светила. При невозможности их опознания визуально, сразу после замера их высот замерить пеленги на них.

6. – В быстрой последовательности измерить серию из трех высот каждой звезды (OC_1, OC_2, OC_3), замечая время каждого замера (T_1, T_2, T_3) по рабочим часам.
7. – Рассчитать средние значения отсчета секстана (OC_{CP}) и времени замера (T_{CP}) для каждой звезды:

$$1 * : \quad OC_{1CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3}; \quad T_{1CP} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$$

$$2 * : \quad OC_{2CP} = \frac{OC'_1 + OC'_2 + OC'_3}{3}; \quad T_{2CP} = \frac{T'_1 + T'_2 + T'_3}{3}$$
(12.6)

8. – На время T_{2CP} снять с путевой навигационной карты координаты счислимого места (φ_c, λ_c).
9. – Записать в бланк курс и скорость судна, высоту глаза наблюдателя, температуру воздуха и атмосферное давление.
10. – Из формуляра секстана выбрать значение инструментальной поправки секстана (S) для каждой звезды по значениям (OC_{CP}) и рассчитать поправки секстана ($i + S$).
11. – Рассчитать (по МАЕ текущего года) экваториальные координаты каждой из звезд (t_m, δ).
12. – Рассчитать (по таблицам высот и азимутов светил) горизонтные координаты каждой из звезд (A_c, h_c).
13. – Рассчитать значение приведенной высоты первой звезды («Прив. h_1 »).
14. – Рассчитать значение истинной высоты второй звезды («Ист. h_2 »).
15. – Рассчитать элементы высотных линий положения:
- $ВЛП_1 \rightarrow (A_{c1}, n_1 = \text{Прив. } h_1 - h_{c1})$;
 - $ВЛП_2 \rightarrow (A_{c2}, n_2 = \text{Ист. } h_2 - h_{c2})$.
16. – Построить $ВЛП_1$ и $ВЛП_2$ на астрономическом бланке ф. Ш-8, рассчитать значения обсервованных координат (φ_0, λ_0).
17. – Рассчитанные координаты (φ_0, λ_0) нанести на путевую навигационную карту.

Примечание:

$ВЛП_1$ и $ВЛП_2$ можно строить сразу на путевой навигационной карте в ее масштабе (1,0' ~ 1,0 мили).

12.3.1. Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам двух звезд ($e = 4,0$ м, $t_B^\circ = +20^\circ\text{C}$, $B = 760$ мм рт. ст.)

| | Условие (МАЕ-2000) | | | | | | | Ответ |
|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|-----------|---------|------------|-------------|
| | Дата | Звезда | φ_c | T_{CP} | OC_{CP} | $i + S$ | $ПУ^\circ$ | φ_0 |
| | $U_{ч}$ | | λ_c | | | | $V_{вз}$ | λ_0 |
| 1 | 1.06.2000. | α Змееносца | 42°12,0'N | 20.28.18 | 19°37,0' | +2,1' | 10° | 42°14,1'N |
| | -3.00.06 | δ Льва | 36°15,0'E | 20.29.30 | 62°12,4' | +2,0' | 12 | 36°21,8'E |
| 2 | 2.06.2000. | α Б.Медведицы | 42°18,0'N | 20.29.30 | 65°54,9' | -1,1' | 10° | 42°21,4'N |
| | -3.00.04 | β Льва | 36°20,0'E | 20.31.54 | 60°01,7' | -1,9' | 12 | 36°19,9'E |
| 3 | 3.06.2000. | γ Дракона | 42°24,0'N | 20.33.00 | 39°16,3' | +1,7' | 10° | 42°26,3'N |
| | -3.00.14 | α Девы | 36°36,0'E | 20.34.18 | 35°51,6' | +1,7' | 12 | 36°37,1'E |
| 4 | 4.06.2000. | β М.Медведицы | 42°30,0'N | 20.35.30 | 55°53,2' | -1,8' | 10° | 42°32,2'N |
| | -3.00.08 | α Сев. Короны | 36°44,0'E | 20.39.48 | 54°33,6' | -1,8' | 12 | 36°49,0'E |
| 5 | 5.06.2000. | β Весов | 42°36,0'N | 20.38.00 | 29°37,1' | +2,1' | 10° | 42°31,4'N |
| | -3.00.18 | β М.Медведицы | 36°33,0'E | 20.39.18 | 56°05,7' | +1,2' | 12 | 36°29,8'E |
| 6 | 6.06.2000. | γ Б.Медведицы | 42°40,0'N | 20.40.36 | 73°37,8' | -2,2' | 10° | 42°41,4'N |
| | -3.01.14 | α Лиры | 36°48,0'E | 20.41.54 | 30°27,3' | -0,9' | 12 | 36°44,0'E |
| 7 | 7.06.2000. | η Б.Медведицы | 42°48,0'N | 20.41.54 | 81°23,2' | +1,6' | 10° | 42°52,4'N |
| | -3.01.02 | α Льва | 36°52,0'E | 20.44.18 | 39°03,1' | +1,7' | 12 | 36°55,3'E |
| 8 | 8.06.2000. | β Весов | 42°52,0'N | 20.45.30 | 31°38,7' | -2,0' | 10° | 42°56,0'N |
| | -3.00.18 | γ Льва | 36°56,0'E | 20.46.48 | 45°21,4' | -2,5' | 12 | 36°54,3'E |
| 9 | 9.06.2000. | α Змееносца | 42°58,0'N | 20.48.00 | 29°17,1' | +2,1' | 10° | 42°56,9'N |
| | -3.01.03 | β Льва | 37°07,0'E | 20.49.24 | 54°20,8' | +1,2' | 12 | 37°02,6'E |

| | | | | | | | | |
|----|-------------|---------------------------|-----------|----------|----------|-------|-----|-----------|
| 10 | 10.06.2000. | ε Б.Медведицы | 43°00,0'N | 20.49.24 | 75°32,1' | -1,2' | 10° | 43°03,0'N |
| | -3.00.12 | δ Льва | 37°12,0'E | 20.51.48 | 52°32,8' | -0,8' | 12 | 37°14,5'E |
| 11 | 11.06.2000. | β М.Медведицы | 42°06,0'N | 20.29.28 | 56°16,4' | +1,1' | 10° | 42°04,5'N |
| | -3.01.10 | α Сев. Короны | 37°17,0'E | 20.30.58 | 58°41,5' | +1,1' | 12 | 37°20,5'E |
| 12 | 12.06.2000. | α Лиры | 42°12,0'N | 20.32.42 | 33°10,1' | -0,1' | 10° | 42°14,0'N |
| | -3.01.02 | α Девы | 37°27,0'E | 20.34.12 | 36°41,0' | -0,2' | 12 | 37°28,3'E |
| 13 | 13.06.2000. | α Волопаса | 42°25,0'N | 20.35.54 | 65°15,0' | +0,9' | 10° | 42°27,1'N |
| | -3.00.24 | γ Льва | 37°37,0'E | 20.37.24 | 43°08,1' | +1,5' | 12 | 37°33,6'E |
| 14 | 14.06.2000. | α Льва | 42°32,0'N | 20.37.36 | 35°26,5' | -0,1' | 10° | 42°28,1'N |
| | -3.01.06 | β Весов | 37°17,0'E | 20.40.36 | 33°49,7' | 0 | 12 | 37°12,9'E |
| 15 | 15.06.2000. | α Лиры | 42°44,0'N | 20.40.48 | 36°31,9' | +1,8' | 10° | 42°40,3'N |
| | -3.00.18 | γ Б.Медведицы | 37°07,0'E | 20.43.48 | 68°07,5' | +0,9' | 12 | 37°04,5'E |
| 16 | 16.06.2000. | α Змееносца | 42°12,0'N | 19.38.10 | 30°39,9' | 0 | 10° | 42°09,9'N |
| | +2.00.20 | δ Льва | 26°10,0'W | 19.39.40 | 53°08,1' | -0,8' | 12 | 26°14,8'W |
| 17 | 17.06.2000. | α Лиры | 42°24,0'N | 19.41.30 | 35°45,0' | +1,9' | 10° | 42°26,7'N |
| | +2.00.15 | α Девы | 26°30,0'W | 19.43.00 | 36°17,0' | +1,8' | 12 | 26°24,2'W |
| 18 | 18.06.2000. | γ Дракона | 42°36,0'N | 19.44.50 | 48°01,9' | -0,6' | 10° | 42°32,8'N |
| | +2.00.40 | α Волопаса | 26°50,0'W | 19.46.20 | 66°03,0' | -1,1' | 12 | 26°55,3'W |
| 19 | 19.06.2000. | β М.Медведицы | 42°48,0'N | 19.48.20 | 58°05,5' | +1,1' | 10° | 42°53,3'N |
| | +2.00.10 | α Сев. Короны | 27°10,0'W | 19.49.50 | 64°06,0' | +1,0' | 12 | 27°13,7'W |
| 20 | 20.06.2000. | β Весов | 42°50,0'N | 19.51.37 | 34°58,9' | -0,1' | 10° | 42°49,7'N |
| | +2.00.13 | α Цефея | 27°30,0'W | 19.53.07 | 29°32,2' | +0,1' | 12 | 27°25,7'W |
| 21 | 21.06.2000. | α Волопаса | 43°20,0'N | 19.53.15 | 65°53,1' | -1,1' | 10° | 43°16,4'N |
| | +2.00.15 | α Лиры | 27°45,0'W | 19.56.15 | 40°27,4' | -0,4' | 12 | 27°39,1'W |
| 22 | 22.06.2000. | α Сев. Короны | 43°30,0'N | 19.58.17 | 66°18,8' | +0,9' | 10° | 43°31,1'N |
| | +2.00.03 | α Льва | 27°55,0'W | 19.59.47 | 29°00,4' | +2,1' | 12 | 28°01,0'W |
| 23 | 23.06.2000. | β Весов | 43°30,0'N | 20.01.42 | 35°44,8' | -0,1' | 10° | 43°28,6'N |
| | +2.00.08 | γ Льва | 27°27,0'W | 20.03.12 | 34°35,0' | -0,2' | 12 | 27°24,0'W |
| 24 | 24.06.2000. | γ Лебедя | 43°40,0'N | 20.04.50 | 27°52,5' | +2,2' | 10° | 43°44,6'N |
| | +2.01.00 | α Волопаса | 27°15,0'W | 20.06.20 | 65°14,2' | +1,7' | 12 | 27°10,8'W |
| 25 | 25.06.2000. | β Весов | 42°30,0'N | 20.08.15 | 36°26,3' | -0,2' | 10° | 42°34,5'N |
| | +2.01.15 | α Цефея | 26°50,0'W | 20.09.45 | 33°08,6' | -0,1' | 12 | 26°46,1'W |
| 26 | 26.06.2000. | α Льва | 42°10,0'N | 20.10.05 | 23°10,3' | +2,6' | 10° | 42°12,6'N |
| | +2.00.25 | α Сев. Короны | 26°15,0'W | 20.13.05 | 72°00,9' | +0,8' | 12 | 26°19,3'W |
| 27 | 27.06.2000. | α Лиры | 42°18,0'N | 20.14.50 | 49°06,3' | -0,7' | 10° | 42°14,1'N |
| | +2.01.05 | β Весов | 25°45,0'W | 20.16.20 | 38°19,0' | -0,3' | 12 | 25°42,1'W |
| 28 | 28.06.2000. | α Сев. Короны | 42°24,0'N | 20.18.25 | 73°15,9' | +0,8' | 10° | 42°25,5'N |
| | +2.00.25 | γ Льва | 25°30,0'W | 20.19.55 | 26°32,7' | +0,3' | 12 | 25°35,3'W |
| 29 | 29.06.2000. | η Б.Медведицы | 42°25,0'N | 20.21.46 | 73°41,6' | +0,8' | 10° | 42°29,0'N |
| | +2.01.14 | β Весов | 25°40,0'W | 20.23.16 | 38°11,0' | +1,7' | 12 | 25°41,3'W |
| 30 | 30.06.2000. | α Девы | 42°45,0'N | 20.25.37 | 29°56,7' | +0,1' | 10° | 42°45,1'N |
| | +2.00.23 | γ Б.Медведицы | 25°16,0'W | 20.27.07 | 54°25,8' | -0,8' | 12 | 25°21,0'W |

12.3.2. Оценка точности обсервованного (по высотам двух светил) места судна

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

$$M_0 = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{m_{\text{ЛП}_1}^2 + m_{\text{ЛП}_2}^2} \text{ (мили)} * \quad (12.7)$$

где θ – угол ($\leq 90^\circ$), под которым пересекаются высотные линии положения и численно равен разности азимутов $\rightarrow \Delta A = A_2 - A_1$ (рис. 12.3).

$m_{\text{ЛП}}$ – СКП высотной линии положения (мили).

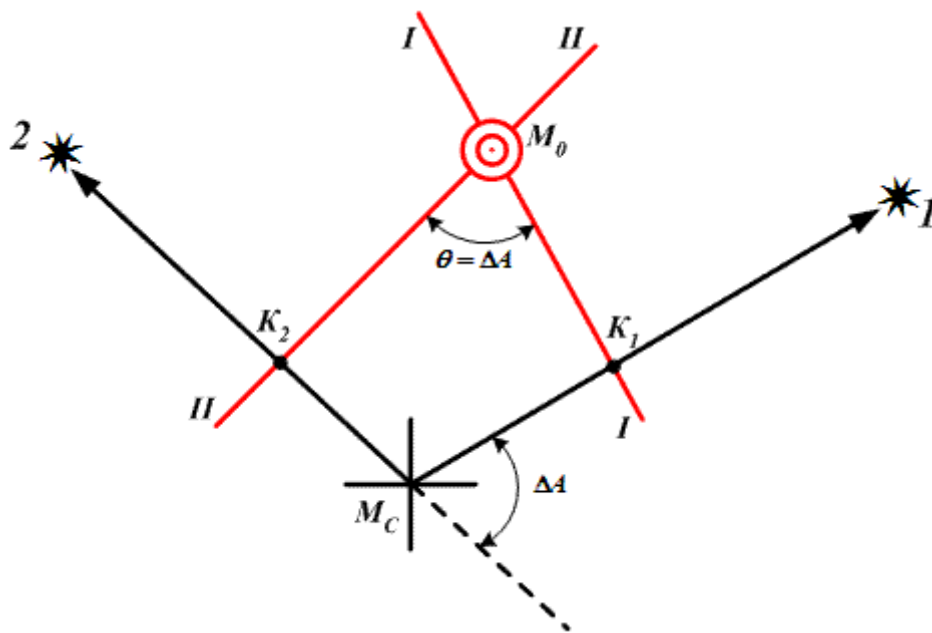


Рис.12.3. $\theta = \Delta A (\leq 90^\circ)$

СКП высотной линии положения (m_{III}) рассчитывается в свою очередь также по общей формуле:

$$m_{III} = \frac{m_h}{g_h} \quad (12.8)$$

где m_h – СКП измерения высоты светила конкретным наблюдателем, значение которой определяется опытным путем из серии измеренных и приведенных к одному зениту высот конкретного светила; или по отклонениям от среднего арифметического или по «размаху» (см. «Навигация и лоция»);

g_h – градиент высоты светила.

Его значение означает, насколько нужно ошибиться в измерении и вычислении высоты светила, чтобы высотная линия положения сместилась параллельно самой себе ровно на 1 милю.

Если при расчете величины переноса ($n = \text{Прив. } h (\text{Ист. } h) - h_c$) допущена ошибка в одну минуту ($\pm 1'$), то при построении на МНК или на астрономическом бланке, и ВЛП сместится на 1 милю, что означает, что $[g_h = 1]$. С учетом того, что градиент высоты $g_h = 1$, а наблюдения равноточны (выполнялись одним наблюдателем, одним СНО и в одинаковых условиях), то: $m_{III1} = m_{III2} = m_h$, а формула (12.7) примет вид:

$$M_0 = \frac{1,4 - m_h}{\sin \Delta A} \quad (12.9)$$

Пример: $A_1^* = 65^\circ$, $A_2^* = 315^\circ$, $m_h = \pm 1'$, $M_0 = ?$

Решение: $M_0 = \frac{1,4 - 1,0}{\sin 70^\circ} = \frac{1,4}{0,94} = 1,49 \approx 1,5 \text{ мили.}$

12.3.3. Задачи на вычисление радиальной (круговой) среднеквадратической погрешности обсервованного (по высотам двух светил) места судна

| № № зад. | Условие | | | Ответ | № № зад. | Условие | | | Ответ |
|----------|-----------------|-----------------|------------|--------------|----------|-----------------|-----------------|------------|--------------|
| | A_{c1}^* | A_{c2}^* | m'_n | M_0 (мили) | | A_{c1}^* | A_{c2}^* | m'_n | M_0 (мили) |
| 1 | $87,8^\circ NW$ | $37,6^\circ NW$ | $\pm 0,3'$ | 0,6 | 16 | $67,6^\circ SW$ | $9,1^\circ SE$ | $\pm 1,0'$ | 1,5 |
| 2 | $38,6^\circ NW$ | $24,6^\circ SW$ | $\pm 0,4'$ | 0,6 | 17 | $53,3^\circ SE$ | $56,4^\circ NE$ | $\pm 0,9'$ | 1,4 |
| 3 | $73,9^\circ NW$ | $54,1^\circ SW$ | $\pm 0,5'$ | 0,9 | 18 | $0,7^\circ SE$ | $71,0^\circ NE$ | $\pm 0,8'$ | 1,2 |
| 4 | $20,0^\circ SW$ | $59,8^\circ NW$ | $\pm 0,6'$ | 0,9 | 19 | $34,8^\circ SW$ | $52,3^\circ SE$ | $\pm 0,7'$ | 1,0 |
| 5 | $55,8^\circ SW$ | $0,2^\circ SW$ | $\pm 0,7'$ | 1,2 | 20 | $27,7^\circ SE$ | $35,8^\circ NE$ | $\pm 0,6'$ | 1,0 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------|---------|-------|-----|----|---------|---------|-------|-----|
| 6 | 7,5°SW | 44,5°SE | ±0,8' | 1,4 | 21 | 69,2°NE | 23,2°SE | ±0,5' | 0,7 |
| 7 | 35,6°SE | 48,0°NE | ±0,9' | 1,3 | 22 | 48,1°NE | 74,3°SE | ±0,4' | 0,7 |
| 8 | 66,9°SE | 39,6°NE | ±1,0' | 1,5 | 23 | 12,9°SW | 83,8°SW | ±0,3' | 0,4 |
| 9 | 87,7°SE | 21,2°NE | ±1,1' | 1,7 | 24 | 57,0°NE | 44,2°SE | ±0,4' | 0,6 |
| 10 | 48,1°NE | 39,5°SE | ±1,2' | 1,7 | 25 | 61,0°NE | 41,6°SE | ±0,5' | 0,7 |
| 11 | 63,7°SE | 21,9°SW | ±1,3' | 1,9 | 26 | 82,0°NE | 9,7°SE | ±0,6' | 0,9 |
| 12 | 69,3°NW | 39,5°NE | ±1,4' | 2,1 | 27 | 73,5°SW | 3,0°NW | ±0,7' | 1,0 |
| 13 | 5,0°SE | 71,1°SW | ±1,3' | 1,9 | 28 | 64,0°NE | 15,7°SE | ±0,8' | 1,2 |
| 14 | 57,7°NW | 40,3°SW | ±1,2' | 1,7 | 29 | 66,8°SE | 62,6°SW | ±0,9' | 1,6 |
| 15 | 85,0°SW | 24,0°SW | ±1,1' | 1,8 | 30 | 31,0°NE | 37,6°NW | ±1,0' | 1,5 |

12.4. Определение места судна в море по высотам Солнца

12.4.1. Обоснование способа

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

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

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

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

$\Delta A_{\odot max} = 28,6'$ за 10с при $h = 85^\circ, A = 0^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$.

$\Delta A_{\odot min} = 0,0'$ за 10с при $h = 0^\circ, A = 0^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$.

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

Рассмотренный ранее способ получения элементов ВЛП относительно одной точки с **последующим приведением высот к одному месту (моменту) наблюдений**, введением поправки Δh_z , в данном случае **неприемлем**, т.к. формула (12.1):

$$\Delta h_z = S \cdot \cos(A - ПУ)$$

при $S > 10$ миль принимает более сложную и неудобную форму, которая на практике не применяется.

Чтобы обосновать способ получения обсервованного места по разновременным наблюдениям Солнца, рассмотрим **рис. 12.4**:

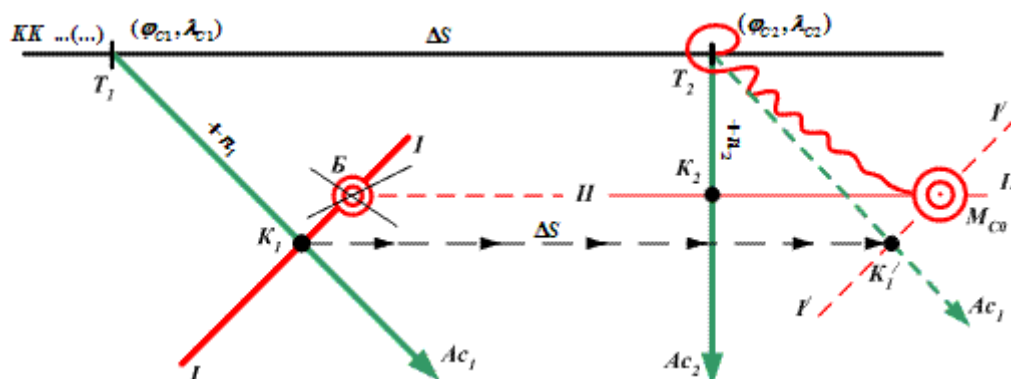


Рис. 12.4. Определение места судна в море по высотам Солнца

- на момент T_1 ($\varphi_{c1}, \lambda_{c1}$) измерена серия (3-5) высот Солнца, рассчитаны элементы $ВЛП_1$ ($A_{c1}, n_1 = h_1 - h_{c1}$), которые и проложены от счислимого места на момент T_1 ;
- через промежуток времени, за который азимут Солнца изменился на угол не менее чем 30° произведены повторные наблюдения, рассчитаны элементы $ВЛП_2$ ($A_{c2}, n_2 = h_2 - h_{c2}$) с координатами ($\varphi_{c2}, \lambda_{c2}$), которые и проложены от счислимого места на момент T_2 .

Обсервованное место судна нельзя считать в точке пересечения $ВЛП_1$ и $ВЛП_2$ (в т. «Б»), так как высоты Солнца измерялись на моменты T_1 и T_2 из разных мест.

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

Этот способ приведения аналогичен крьюс-пеленгу.

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

Практически, для приведения $ВЛП_1$ к $ВЛП_2$, следует **определяющую точку «К₁» перенести по направлению пути на $\Delta S = K_L \cdot \text{рол}(V_{об} \cdot t)$ и через конец отрезка $K_1K_1' = \Delta S$ провести $ВЛП_1$ как перпендикуляр к A_{c1} .**

В четырехугольнике $T_1T_2K_1K_1'$ (рис. 12.4) стороны T_1T_2 и K_1K_1' по построению равны и параллельны, а значит и две другие стороны T_1K_1 и T_2K_1' также равны и параллельны. Поэтому **обе $ВЛП$ можно прокладывать при втором счислимом месте (т. «Т₂»).**

Если в промежутке между наблюдениями Солнца, было получено обсервованное место каким-то другим способом, то в этом случае вторые координаты (φ_2, λ_2) для **расчета элементов $ВЛП_2$ берутся без учета этой обсервации – по счислению от T_1 до T_2 (рис. 12.5).**

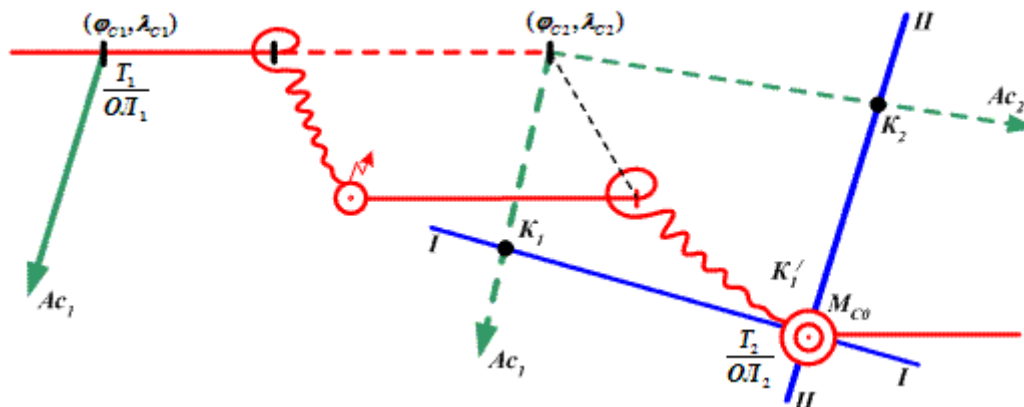


Рис.12.5. Исключение промежуточной обсервации

При прокладке ВЛП используется специальный бланк «Ш-8», его оборотная сторона, где в центре принимаются координаты места ($\varphi_{c2}, \lambda_{c2}$) на время T_2 . Расчет счислимо-обсервованных координат ($\varphi_{co}, \lambda_{co}$) аналогичен расчету обсервованных координат по высотам двух звезд.

12.4.2. Оценка точности счислимо-обсервованного места судна по Солнцу

Положение $ВЛП_2$, так же как и положение $ВЛП_1$ (до приведения ее к одному месту) не зависит от погрешности в счислимых координатах.

Однако счислимо-обсервованное место судна будет содержать дополнительную погрешность, если учитываемый вектор плавания судна за время между наблюдениями не соответствует действительному.

Именно по этой причине **место судна, полученное по разновременным наблюдениям Солнца называется не обсервованным, а счислимо-обсервованным.**

Погрешность в счислении растет пропорционально продолжительности плавания. **Погрешность счислимо-обсервованного места складывается из совместного влияния погрешности счисления в промежутке между первыми и вторыми наблюдениями и погрешностей в $ВЛП_1$ и $ВЛП_2$.**

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

$$M_{CO} = \frac{1}{\sin \Delta A} \cdot \sqrt{2m_h^2 + \frac{M_{C(t)}^2}{2}} \quad (12.10)$$

где ΔA – разность азимутов ($A_{C2} - A_{C1}$) $\leq 90^\circ$;

m_h – СКП измерения высоты Солнца (наблюдения равноточны, т.е. $m_{\text{лп1}} = m_{\text{лп2}} = m_{\text{лпр}} = m_h$ при $g_h = 1$);

$M_{C(t)}$ – СКП счисления за время между наблюдениями ($t = T_2 - T_1$).

Из формулы (12.10) следует, что **точность счислимо-обсервованного места зависит от:**

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

$$M_{C(t)} = K_C \cdot \sqrt{t_{\text{час}}} \text{ (мили)} \quad \text{при } t > 2 \text{ часов, или}$$

$$M_{C(t)} = 0,7 \cdot K_C \cdot t_{\text{ч}} \text{ (мили)} \quad \text{при } t < 2 \text{ часов,}$$

где $t = T_2 - T_1$ (час.),

K_C – коэффициент точности счисления пути судна.

Для повышения точности способа, **необходимо особо тщательно вести графическое счисление между наблюдениями, точно измерять высоты Солнца и добиваться большего значения ΔA .**

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

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

Достоинства способа:

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

12.4.3. Практическое выполнение способа определения места судна по Солнцу

I. Подготовка к наблюдениям.

1. **Рассчитать время выхода на первые (до кульминации ☉) и вторые (после кульминации ☉) наблюдения.**
2. **Перед выходом на первые наблюдения подготовить навигационный секстан к работе – произвести его выверки.**
3. **Определить поправку индекса секстана (i) по Солнцу, применяя контроль измерений.**
4. **Измерить, по возможности, наклонение видимого горизонта наклономером.**
5. **Определить поправку рабочих часов по сличению с хронометром (или по сигналам точного времени)**

$$(U_{\text{ч}} = U_{\text{ХР}} + \text{СЛ}; \quad \text{СЛ} = T_{\text{ХР}} - T_{\text{ч}}). \quad (12.11)$$

II. Наблюдения.

1. Измерить серию (3÷ 5)высот Солнца; при измерении средней в серии высоты, заметить судовое время (T_c) и отсчет лага ($ОЛ_1$).
2. Рассчитать среднее время серии (T_{CP}) и средний отсчет секстана ($ОС_{CP}$).
3. Записать ИК, $t_B^\circ C$, B мм рт. ст.

III. Вычисления.

1. По T_{C1} и $ОЛ_1$ снять с карты счислимые координаты (φ_{C1} , λ_{C1}) с точность $0,1'$.
2. По T_{CP1} и $U_{ч}$ получить точное гринвичское время наблюдений ($T_{ГР}$).
3. По дате, $T_{ГР}$ и λ_{C1} , с помощью МАЕ текущего года, рассчитать экваториальные координаты Солнца ($t\odot$, $\delta\odot$).
4. По φ_{C1} , $t\odot$, $\delta\odot$, с помощью таблиц высот и азимутов светил («ВАС» или «ТВА»), рассчитать счислимые высоту (h_{C1}) и азимут (A_{C1}) Солнца.
5. Исправив « $ОС_{CP}$ » всеми поправками, получить истинную высоту Солнца « h_1 ».
6. Рассчитать величину переноса $n_1 = h_1 - h_{C1}$.

IV. Вторые наблюдения выполняют в намеченное (после кульминации \odot) время в том же порядке, что и первые.

V. Вычисления вторых счислимых высоты (h_{C2}) и азимута (A_{C2}) производят по T_{CP2} и счислимым координатам (φ_{C2} , λ_{C2}) на время T_{C2} (аналогично п. III).

VI. Рассчитать перенос ВЛП₂ – « $n_2 = h_2 - h_{C2}$ ».

VII. Прокладка.

Прокладку обеих ВЛП выполняют из счислимой точки, соответствующей моменту вторых наблюдений (φ_{C2} , λ_{C2}).

Счислимо-обсервованное место судна принимают в точке пересечения ВЛП₁ и ВЛП₂.

Если построения выполнялись на бланке ф. Ш-8 → рассчитать φ_{CO} и λ_{CO} и нанести счислимо-обсервованное место судна на путевую навигационную карту.

VIII. Анализ обсервации.

Рассчитать (по формуле 12.10) радиальную (круговую) СКП счислимо-обсервованного места – M_{CO} и предельную СКП – $M_{CO}(P = 95\%)$.

$$M_{CO}(P = 95\%) = 1,73 \cdot M_{CO}. \quad (12.12)$$

Если величина полученной невязки « C » превышает величину $M_{CO}(P = 95\%)$, то следует проверить расчеты счисления. Если ошибок в расчетах нет – повторно определить место.

Для исключения подобного случая на практике и при первых и при вторых наблюдениях Солнца берут не одну, а 2 ÷ 3 серии высот, как при первых, так и при вторых наблюдениях Солнца.

12.4.4. Задачи на вычисление счислимо-обсервованных координат места судна по высотам Солнца

(\odot , $e = 6,0$ м., $t_B^\circ C = +20^\circ$, $B_B = 755$ мм)

| ИК № зад. $V_{юз}$ | Условие | | | | | | Ответ |
|--------------------------|------------|----------------|----------------|-----------|------------|---------|----------------|
| | Дата | φ_{C1} | φ_{C2} | T_{CP1} | $ОС_{CP1}$ | $i + S$ | φ_{CO} |
| | $U_{ч}$ | λ_{C1} | λ_{C2} | T_{CP2} | $ОС_{CP2}$ | | λ_{CO} |
| 90° 1 2,2 | 01.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.27.32 | 52°09,4' | +0,5' | 42°40,3'N |
| | -3.59.16 | 29°18,0'E | 29°24,0'E | 13.25.37 | 68°04,0' | +1,1' | 29°27,5'E |
| 90° 2 1,0 | 02.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.27.32 | 52°19,0' | +1,5' | 42°32,8'N |
| | -3.59.16 | 29°33,0'E | 29°37,0'E | 14.25.37 | 68°44,9' | +1,6' | 29°32,5'E |
| 90° 3 0,5 | 03.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.18.43 | 64°35,9' | +1,2' | 42°38,3'N |
| | -3.01.05 | 37°14,0'E | 37°16,0'E | 14.34.45 | 56°59,8' | +1,3' | 37°11,4'E |

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-------|-----------|
| 90° 4 2,0 | 04.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.20.23 | 65°04,9' | +1,2' | 42°33,7'N |
| | -3.01.05 | 37°22,0'E | 37°31,0'E | 14.36.25 | 56°36,8' | +1,3' | 37°35,6'E |
| 90° 5 2,8 | 05.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 12.44.45 | 68°42,9' | +1,1' | 42°40,2'N |
| | -3.00.52 | 41°27,0'E | 41°39,0'E | 15.52.18 | 40°28,5' | +0,8' | 41°35,8'E |
| 270° 6 2,8 | 06.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 12.48.47 | 65°45,2' | +1,1' | 42°37,1'N |
| | +3.00.15 | 41°27,0'W | 41°39,0'W | 15.57.50 | 34°24,4' | +1,1' | 41°32,2'W |
| 90° 7 1,9 | 07.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 12.38.22 | 69°30,5' | +1,0' | 42°38,6'N |
| | -2.58.29 | 29°45,0'E | 29°53,0'E | 15.46.14 | 49°48,7' | +1,5' | 29°49,3'E |
| 270° 8 25,4 | 08.06.2000. | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 10.38.56 | 69°22,4' | +1,0' | 42°33,8'N |
| | +2.01.22 | 17°03,0'W | 18°51,0'W | 13.49.08 | 51°57,6' | +1,4' | 18°44,3'W |
| 90° 9 3,5 | 09.06.2000. | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 08.21.37 | 31°19,5' | +1,5' | 42°56,2'N |
| | -3.01.31 | 32°07,3'E | 32°21,2'E | 11.16.42 | 61°52,7' | +1,2' | 32°26,2'E |
| 90° 10 5,2 | 10.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 08.18.47 | 30°18,7' | +1,6' | 42°42,7'N |
| | -3.00.15 | 32°06,7'E | 32°26,9'E | 11.10.27 | 61°18,7' | +1,2' | 32°26,6'E |
| 90° 11 7,3 | 11.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 08.17.48 | 30°37,2' | +1,6' | 42°53,7'N |
| | -3.01.27 | 32°06,0'E | 32°33,8'E | 11.06.54 | 60°37,8' | +1,2' | 32°37,5'E |
| 90° 12 9,5 | 12.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 08.10.52 | 29°24,4' | +1,7' | 42°43,4'N |
| | -3.00.42 | 32°05,3'E | 32°41,4'E | 10.58.49 | 59°37,4' | +1,2' | 32°39,1'E |
| 90° 13 10,9 | 13.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 08.05.16 | 28°29,0' | +1,8' | 42°54,8'N |
| | -3.00.27 | 32°05,0'E | 32°45,0'E | 10.47.54 | 57°54,8' | +1,7' | 32°46,8'E |
| 90° 14 13,1 | 14.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.58.47 | 27°06,7' | +1,8' | 42°42,5'N |
| | -3.01.05 | 32°04,7'E | 32°50,9'E | 10.33.38 | 55°34,4' | +1,7' | 32°49,0'E |
| 90° 15 14,3 | 15.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.52.58 | 26°12,1' | +0,9' | 42°55,9'N |
| | -3.00.45 | 32°04,8'E | 33°01,4'E | 10.48.56 | 58°13,5' | +0,7' | 33°04,2'E |
| 90° 16 15,2 | 16.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.49.12 | 25°24,2' | +0,9' | 42°43,5'N |
| | -3.00.46 | 32°04,6'E | 33°04,5'E | 10.42.38 | 57°15,3' | +0,7' | 33°01,4'E |
| 90° 17 17,1 | 17.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.43.15 | 24°48,7' | +1,8' | 42°55,7'N |
| | -2.58.29 | 32°02,2'E | 33°06,4'E | 10.17.48 | 53°27,5' | +1,4' | 33°10,1'E |
| 90° 18 5,4 | 18.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.39.48 | 23°52,1' | +1,7' | 42°45,2'N |
| | -2.59.16 | 32°03,7'E | 32°26,0'E | 10.37.26 | 56°07,2' | +1,5' | 32°19,7'E |
| 90° 19 14,2 | 19.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.29.16 | 21°50,2' | +1,6' | 42°52,7'N |
| | -3.00.52 | 32°03,0'E | 33°00,0'E | 10.26.34 | 54°28,1' | +1,3' | 33°07,0'E |
| 90° 20 14,1 | 20.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.23.12 | 20°49,4' | +1,6' | 42°54,6'N |
| | -2.59.46 | 32°03,2'E | 33°04,0'E | 10.32.05 | 55°29,8' | +1,3' | 33°02,0'E |
| 90° 21 9,7 | 21.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.37.48 | 23°18,6' | +1,6' | 42°54,0'N |
| | -3.00.32 | 32°03,0'E | 32°38,4'E | 10.17.51 | 52°39,9' | +1,4' | 32°41,1'E |
| 90° 22 11,7 | 22.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.33.56 | 22°15,7' | +1,6' | 42°52,1'N |
| | -3.01.48 | 32°03,0'E | 32°46,0'E | 10.13.51 | 51°44,1' | +1,4' | 32°42,0'E |
| 90° 23 12,3 | 23.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.22.56 | 20°32,9' | +1,7' | 42°53,8'N |
| | -3.00.37 | 32°03,0'E | 32°56,0'E | 10.33.24 | 55°25,4' | +1,2' | 32°58,4'E |
| 90° 24 16,3 | 24.06.2000 | 42°48,0'N | 42°48,0'N | 07.19.32 | 19°40,4' | +1,7' | 42°44,4'N |
| | -3.01.05 | 32°03,0'E | 33°06,0'E | 10.09.26 | 51°14,6' | +1,2' | 33°00,2'E |

| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-------|-----------|
| 90° 25 0,94 | 25.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 12.15.47 | 70°31,4' | +1,0' | 42°38,1'N |
| | -2.00.19 | 27°37,0'E | 27°44,2'E | 17.54.56 | 18°28,7' | +1,3' | 27°40,7'E |
| 90° 26 1,66 | 26.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 12.16.52 | 70°28,0' | +1,0' | 42°39,1'N |
| | -2.00.19 | 27°41,0'E | 27°53,8'E | 17.56.33 | 18°04,7' | +1,3' | 27°52,0'E |
| 90° 27 14,0 | 27.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.27.32 | 62°36,6' | +1,7' | 42°35,1'N |
| | -2.58.45 | 30°31,0'E | 31°28,0'E | 14.24.18 | 63°15,3' | +1,0' | 31°23,7'E |
| 90° 28 14,2 | 28.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.25.32 | 62°19,2' | +1,7' | 42°37,0'N |
| | -2.58.45 | 30°31,0'E | 31°28,0'E | 14.22.18 | 63°25,4' | +1,0' | 31°32,3'E |
| 90° 29 2,2 | 29.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.44.25 | 69°28,7' | +1,0' | 42°37,0'N |
| | -0.59.37 | 12°33,0'E | 12°47,5'E | 16.35.31 | 32°44,1' | +1,5' | 12°43,5'E |
| 90° 30 3,1 | 30.06.2000 | 42°36,0'N | 42°36,0'N | 11.48.32 | 69°41,9' | +1,0' | 42°34,9'N |
| | -1.00.03 | 12°37,0'E | 12°56,4'E | 16.30.03 | 33°36,9' | +1,5' | 13°00,4'E |

12.4.5. Задачи на вычисление радиальной (круговой) среднеквадратической погрешности счисливо-обсервованного (по Солнцу) места судна

$$M_{C0} = \frac{1}{\sin \Delta A} \cdot \sqrt{2m_h^2 + \frac{M_{C(t)}^2}{2}} \quad (\text{мили}), \quad M_{C(t)} = K_C \cdot \sqrt{t_{\text{час.}}} \quad (\text{мили}), \quad \text{при } t > 2 \text{ часа,}$$

или $M_{C(t)} = 0,7 \cdot K_C \cdot t_{\text{ч}} \quad (\text{мили}), \quad \text{при } t < 2 \text{ часа.}$

$\Delta A = A_{C2} - A_{C1} \leq 90^\circ$

| № п/п | Условие | | | | | | Ответ |
|----------|------------------------|----------|-------------------------|----------|--------|-------|-----------------|
| | T_{CPI} (час., мин.) | A_{C1} | T_{CPI2} (час., мин.) | A_{C2} | m'_h | K_C | M_{C0} (мили) |
| 1 | 11.28 | 58,5°SE | 13.26 | 16,3°SE | ±0,5' | 0,7 | 1,5 |
| 2 | 11.28 | 58,5°SE | 14.26 | 12,4°SW | ±0,6' | 0,8 | 1,4 |
| 3 | 12.19 | 32,5°SE | 15.35 | 50,9°SW | ±0,7' | 0,9 | 1,5 |
| 4 | 12.20 | 31,8°SE | 15.36 | 52,1°SW | ±0,8' | 1,0 | 1,7 |
| 5 | 13.45 | 20,0°SW | 16.52 | 82,4°SW | ±0,9' | 1,1 | 2,1 |
| 6 | 13.49 | 37,6°SW | 16.58 | 88,6°SW | ±1,0' | 1,2 | 2,7 |
| 7 | 13.38 | 11,2°SE | 16.46 | 72,2°SW | ±1,1' | 1,3 | 2,3 |
| 8 | 10.39 | 15,5°SE | 13.49 | 69,4°SW | ±1,2' | 1,2 | 2,3 |
| 9 | 9.22 | 82,0°SE | 12.17 | 39,3°SE | ±1,3' | 1,1 | 3,3 |
| 10 | 9.19 | 82,6°SE | 12.10 | 41,1°SE | ±1,4' | 1,0 | 3,5 |
| 11 | 9.18 | 83,2°SE | 12.07 | 42,7°SE | ±1,3' | 0,9 | 3,3 |
| 12 | 9.11 | 84,6°SE | 11.59 | 45,1°SE | ±1,2' | 0,8 | 3,0 |
| 13 | 9.05 | 85,7°SE | 11.48 | 48,7°SE | ±1,1' | 0,7 | 2,9 |
| 14 | 8.59 | 87,2°SE | 11.34 | 53,2°SE | ±1,0' | 0,6 | 2,8 |
| 15 | 8.52 | 88,4°SE | 11.49 | 48,6°SE | ±0,9' | 0,7 | 2,4 |
| 16 | 8.49 | 89,3°SE | 11.43 | 50,7°SE | ±0,8' | 0,8 | 2,4 |
| 17 | 8.43 | 89,9°NE | 11.18 | 57,4°SE | ±0,7' | 0,9 | 2,7 |
| 18 | 8.40 | 88,9°NE | 11.37 | 53,1°SE | ±0,6' | 1,0 | 2,7 |
| 19 | 8.29 | 86,2°SW | 11.27 | 56,8°SE | ±0,5' | 1,1 | 2,5 |
| 20 | 8.23 | 85,2°NE | 11.32 | 55,0°SE | ±0,6' | 1,2 | 2,7 |
| 21 | 8.38 | 88,1°NE | 11.18 | 58,9°SW | ±0,7' | 1,3 | 3,3 |
| 22 | 8.34 | 87,0°NE | 11.14 | 60,5°SE | ±0,8' | 1,4 | 3,7 |
| 23 | 8.23 | 84,7°NE | 11.33 | 55,3°SE | ±0,9' | 1,3 | 3,2 |

| | | | | | | | |
|----|-------|---------|-------|---------|-------|-----|-----|
| 24 | 8.20 | 83,9°NE | 11.09 | 62,1°SE | ±1,0' | 1,2 | 3,6 |
| 25 | 12.16 | 5,6°SW | 13.53 | 75,6°NW | ±1,1' | 1,1 | 1,8 |
| 26 | 12.17 | 6,5°SW | 13.55 | 75,2°NW | ±1,2' | 1,0 | 1,8 |
| 27 | 11.28 | 22,2°SE | 14.24 | 37,4°SW | ±1,3' | 0,9 | 2,5 |
| 28 | 11.28 | 22,0°SE | 14.24 | 37,3°SW | ±1,2' | 0,8 | 2,3 |
| 29 | 11.44 | 13,8°SE | 16.36 | 88,3°NW | ±1,1' | 0,7 | 2,0 |
| 30 | 11.49 | 11,5°SE | 16.30 | 89,1°NW | ±1,0' | 0,6 | 1,7 |

Выводы

1. Для определения места по высотам двух звезд необходимо, чтобы в видимости наблюдателя находились эти две звезды и, чтобы направления на них отличались на величину более 30°, а высоты их, по возможности, находились в пределах 30÷70°.
2. Высоты светил должны быть приведены к одному, как правило, последнему моменту (зениту).
3. При определении места судна по разновременным высотам Солнца элементы каждой ВЛП рассчитываются на «свои» счислимые координаты, а счислимо-обсервованное место судна находится в точке пересечения 2-х ВЛП, построенных при счислимой точке на момент вторых наблюдений.
4. Погрешность счислимо-обсервованного места складывается из совместного влияния погрешности счисления в промежутке между наблюдениями и погрешностей в ВЛП.

ГЛАВА 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА В МОРЕ ПО ОДНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ 3-4 СВЕТИЛ

13.1. Общие положения

Ранее было установлено, что ВЛП, проведенные на навигационной карте (астрономическом бланке), содержат какую-то погрешность ($m_{ВЛП}$), а то же их пересечения соответствует действительному месту судна лишь с какой-то вероятностью ($P\%$).

Но, если в процессе определения места судна по высотам 2-х светил, были допущены промахи (или в измерениях, или в расчетах), то обнаружить эти промахи просто невозможно, так как 2 ВЛП всегда пересекутся в одной точке (рис. 13.1).

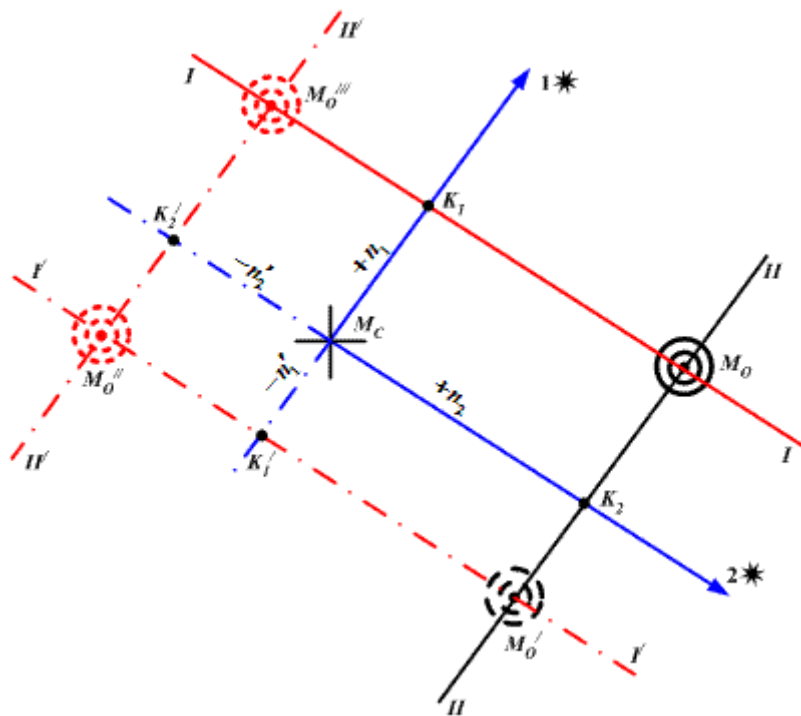


Рис.13.1. Недостоверность обсервованного по высотам двух светил места судна

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

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

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

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

Светила для наблюдений подбирают, по возможности, по всему горизонту, то есть через $\sim 120^\circ$ (3 светила) и через $\sim 90^\circ$ (4 светила). Высота выбранных для наблюдения светил не должна быть $<30^\circ$ и $>70^\circ$.

Задачу подбора светил производят заранее с помощью «Звездного глобуса».

Если при построениях ВЛП образуют фигуру погрешностей со стороной $< 0,5$ мили (при плавании вблизи навигационных опасностей) или $1,01,5$ мили (при плавании в открытом море), то вероятнейшее место судна находят «глазомерно» в центре фигуры погрешностей (рис. 13.2б). А как поступать в том случае, если (рис. 13.2в) стороны фигуры погрешности превышают указанные значения?

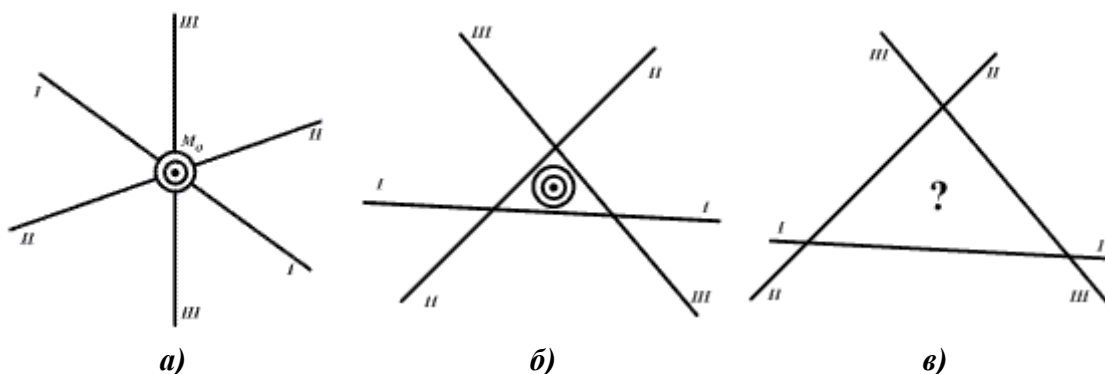


Рис.13.2. Варианты пересечения трех ВЛП

13.2. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только систематических погрешностей

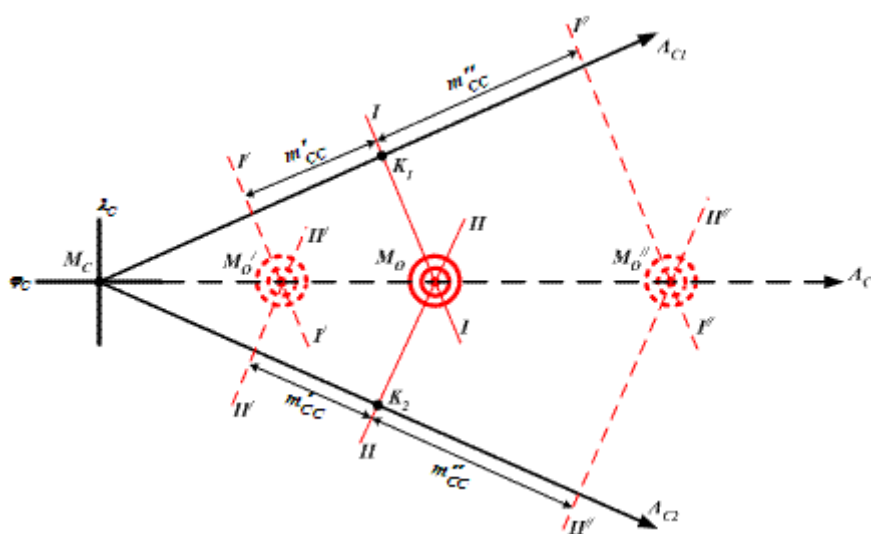


Рис. 13.3. Астрономическая бисектриса

Для решения поставленной задачи рассмотрим рис. 13.3, на котором:

- M_c → счислимое место судна, соответствующее времени наблюдения;
- A_{C1} и A_{C2} → направления (азимуты) на первое и второе светила;
- K_1 и K_2 → определяющие точки, отстоящие от т. M_c на величину переноса $n = \text{Ист. } h$ (Прив. h) – h_c ;
- $I-I$, $II-II$ → высотные линии положения, проходящие через определяющие точки перпендикулярно соответствующим азимутам;
- M_0 → наблюдаемое место судна по высотам двух светил.

Допустим, что в измерениях и (или) расчетах, имеется систематическая (повторяющаяся) погрешность m'_{cc} (величина и знак ее одинаковы как для ВЛП₁, так и для ВЛП₂).

С учетом этой погрешности высотные линии положения ($I'-I'$ и $II'-II'$) пересекаются не в т. M_0 , а в т. M'_0 .

А если систематическая погрешность имеет другой знак и другую величину m''_{cc} , то высотные линии положения ($I''-I''$ и $II''-II''$) пересекутся уже в т. M''_0 .

Из рис. 13.3 следует: что независимо от знака и величины систематической (повторяющейся) погрешности ВЛП будут пересекаться **в точках расположенных на одной прямой линии**, которую называют **астрономической биссектрисой**. Эта прямая всегда совпадает со средним азимутом

$$A_{CP} = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (13.1)$$

Теперь можно сделать вывод, что «**Астрономическая биссектриса свободна от систематических погрешностей и представляет собой новую линию положения на которой и будет находиться вероятнейшее место судна, свободное от систематических погрешностей**».

Где **точно** находится это место на линии A_{CP} при 2-х ВЛП мы сказать не можем, а при определении места судна по высотам 3-х звезд это сделать можно.

Если все 3 светила расположены по всему горизонту ($\Delta A \sim 120^\circ$), то вероятнейшее место судна будет находится **внутри фигуры погрешностей, в точке пересечения биссектрис внутренних углов** (рис. 13.4).

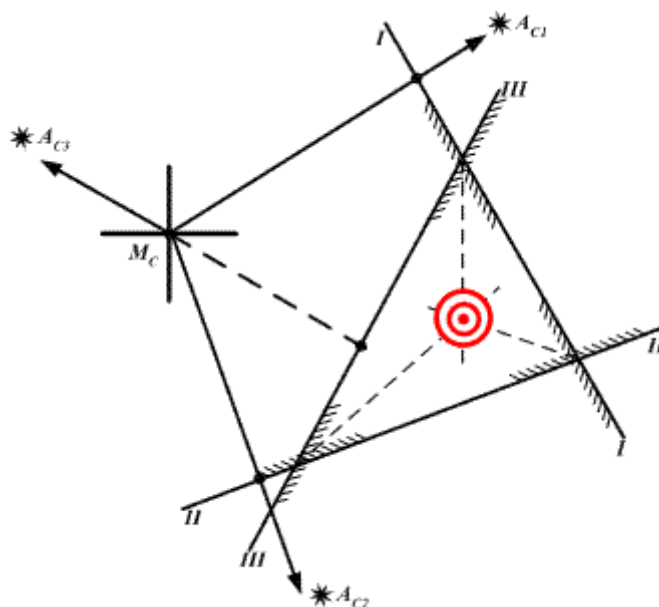


Рис.13.4. Вероятнейшее место судна

На рис. 13.4 заштрихованы «теньевые» то есть неосвещенные стороны ВЛП.

Биссектрисы проводятся через углы, стороны которых имеют одинаковую освещенность (на рис. 13.4 – теньевую).

Если все наблюдаемые светила расположены по одну сторону горизонта (ΔA между крайними светилами $< 180^\circ$) то вероятнейшее место судна будет (или может) находиться **вне треугольника погрешностей** (рис. 13.5).

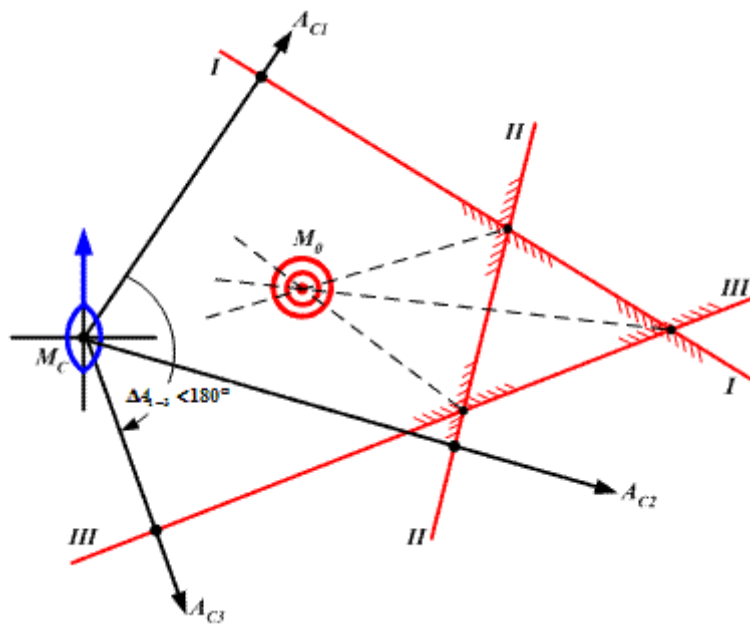


Рис.13.5. Вероятнейшее место судна при расположении трех светил с одного борта

Получив треугольник погрешностей и проведя биссектрисы углов, стороны которых имеют одинаковую освещенность, находим точку пересечения биссектрис, которая даст нам вероятнейшее место (т. M_0), находящееся вне треугольника погрешностей, но свободное от систематических (повторяющихся) погрешностей.

13.3. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только случайных погрешностей

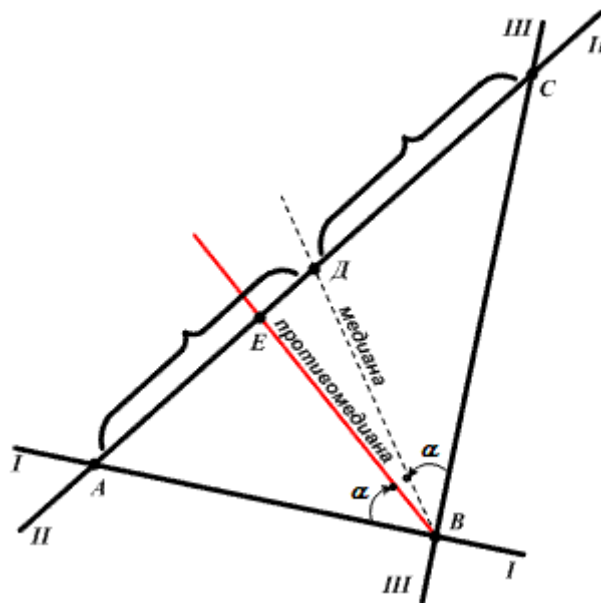


Рис.13.6. Противомедиана

Если причиной образования фигуры погрешностей являются только случайные погрешности, то вероятнейшее место судна находится внутри этой фигуры (если ВЛП равноточны) **в точке пересечения противомедиан**, которые «свободны» от случайных погрешностей.

Построение противомедианы покажем на рис. 13.6.

Определяя место судна по высотам 3-х светил, после построения ВЛП, получили фигуру погрешностей $\rightarrow \Delta ABC$.

Из т. B проводим медиану $BD \rightarrow$ линию, делящую противоположающую сторону AC пополам ($AD = DC$).

Измеряем при т. B меньший из 2-х углов – $\angle DBC = \alpha$.

Величину этого $\angle \alpha$ отложим от стороны AB и из т. B проведем линию BE , которая и будет являться **противомедианной** ($\angle ABE = \angle DBC = \angle \alpha$).

Достаточно построить, таким образом, еще одну противомедиану (при т. A или т. C) и **точка их пересечения даст нам вероятнейшее место судна**, полученное астрономическим способом только под влиянием случайных погрешностей.

Точка пересечения противомедиан – вероятнейшее место судна – всегда будет расположено внутри фигуры погрешностей ближе к меньшей ее стороне и ближе к наибольшему углу пересечения ВЛП.

В равнобедренном треугольнике погрешностей медианы совпадают с противомедианами и с биссектрисами его внутренних углов и вероятнейшее место судна будет находится в центре такой фигуры.

13.4. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии и систематических (повторяющихся) и случайных погрешностей

В реальных условиях определения места судна в море имеют место и случайные и систематические (повторяющиеся) погрешности. Поэтому, решение задачи отыскания вероятнейшего места судна представляет определенную трудность и требует большого навыка.

Если фигура погрешности имеет не очень большие размеры, то есть наибольшая из ее сторон не превышает 0,5 мили при плавании судна в прибрежных районах и 1;0,5 мили при плавании судна в открытом море – **вероятнейшее место принимают глазомерно в центре такой фигуры** (рис. 13.2б).

Если размеры фигуры погрешностей значительны (рис. 13.2в), то определяющим фактором для отыскания вероятнейшего места судна является **расположение по горизонту светил**, высота которых измерялась для определения места.

Ранее нами установлено, что **при симметричном расположении светил по всему горизонту** ($\Delta A \sim 120^\circ$ при 3-х*) **вероятнейшее место судна, независимо от характера погрешностей, будет находится внутри фигуры погрешностей** (рис. 13.4), а при $\Delta A = 120^\circ$ (3*) или $\Delta A = 90^\circ$ (4*) \rightarrow в ее центре. Для отыскания вероятнейшего места судна в таких случаях применяется способ «биссектрис».

Говорить же о вероятнейшем месте судна в фигуре погрешностей при случае, **когда все светила находятся по одну сторону горизонта** затруднительно, так как оно (место судна) может находиться **или внутри фигуры погрешностей на пересечении противомедиан** (при действии только случайных погрешностей) **или вне ее на пересечении биссектрис углов**, стороны которых имеют одинаковую освещенность – рис. 13.5 \rightarrow (при действии только систематических погрешностей) и при том все это **неоднозначно как в том, так и в другом случае.**

На практике, в этом случае, вероятнейшее место судна принимается в точке пересечения 2-х ВЛП, угол пересечения которых ближе к 90° , а при наличии навигационных опасностей \rightarrow то место, которое будет ближе всего находится к этой опасности (рис. 13.7).

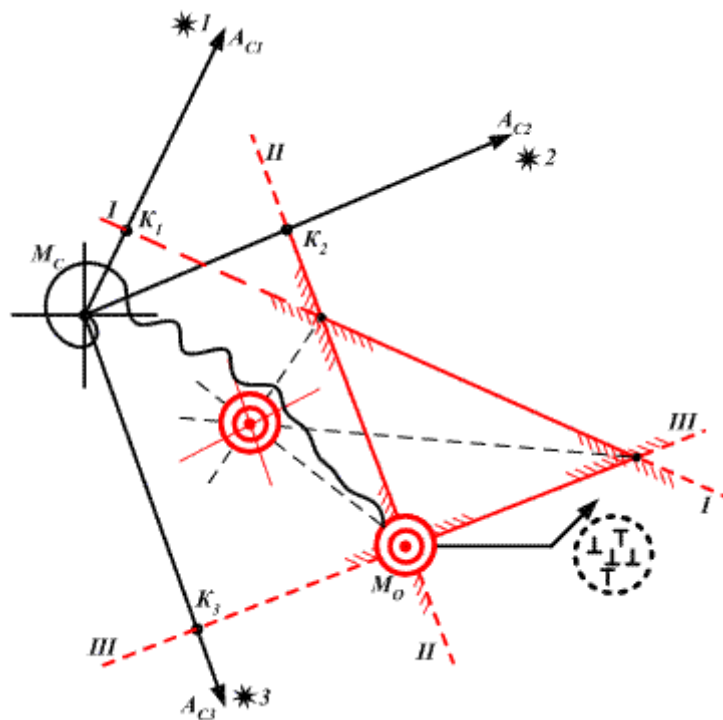


Рис. 13.7. Обсервованное место судна с учетом навигационной обстановки

13.5. Практическое выполнение способа определения места судна в море по высотам трех звезд и оценка точности обсервации

1. Подготовить к наблюдениям навигационный секстан, рабочие часы и бланк записи астрономических наблюдений.
2. Проверить перпендикулярность зеркал секстана плоскости азимутального лимба.
3. Определить поправку рабочих часов ($U_ч$) по сравнению с хронометром или по сигналам точного времени.
4. Определить поправку индекса секстана (i) по звезде.
5. Произвести подбор трех светил для наблюдений (ΔA не $<60^\circ$ и h не $<30^\circ$).
6. В быстрой последовательности измерить серию из трех высот каждой звезды (1-й наблюдатель), замечая момент измерения по рабочим часам (2-й наблюдатель).
7. Сразу, после окончания измерений высот избранных светил, зафиксировать судовое время (Приб. T_c) и отсчет лага (ОЛ).
8. На момент измерения (Приб. T_c) снять с путевой навигационной карты координаты счислимой точки (φ_c, λ_c).
9. Записать в бланк температуру воздуха (t_b °C), атмосферное давление (B_b мм рт. ст.), курс судна (ПУ), скорость хода ($V_{уз}$) и высоту глаза наблюдателя (e_M).
10. Рассчитать средние моменты (T_{CP}) и средние отсчеты секстана (OC_{CP}) каждой серии высот для каждой наблюденной звезды.
11. Из формуляра секстана выбрать значение инструментальной поправки (S) для каждой серии по « OC_{CP} ».
12. Записать все данные в астрономический бланк ф. Ш-8б.
13. Рассчитать гринвичское время замера высоты каждой звезды ($T_{ГР} = T_{CP1,2,3} + U_ч$) и, по МАЕ текущего года, вычислить их экваториальные координаты (t_M, δ).
14. По таблицам высот и азимутов светил («ТВА-57» или «ВАС-58») рассчитать горизонтные координаты светил, а полученные их азимуты (A_c) перевести в круговую систему счета.
15. Исправить отсчеты секстана ($OC_{CP1,2,3}$) всеми необходимыми поправками и вычислить для 1-й и 2-й звезд значения приведенных высот (Прив. $h_{1,2}$), а для 3-й звезды → значение истинной высоты (Ист. h).
16. Рассчитать значения переносов ($n_{1,2,3}$).

17. На обратной стороне астрономического бланка (ф. Ш-8б) или навигационной карте построить высотные линии положения, и вычислить значения обсервованных координат (φ_0, λ_0). При случае «неопределенности» (место вне треугольника погрешностей) проверить расчеты.
18. Оценить точность обсервованного места судна, произвести анализ полученной невязки, оформить запись в судовом журнале.

Оценка точности обсервованного места судна, полученного по 3 ВЛП

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

$$M_{0(3ВЛП)} \approx 0,8M_{0(2ВЛП)} \text{ (мили)} \quad (13.2)$$

Для расчета $M_{0(2ВЛП)}$ выбираются 2 ВЛП A которых ближе всего к 90° . При равноточных наблюдениях:

$$M_{0(2ВЛП)} = \frac{1,4 - m'_h}{\sin \Delta A} \text{ (мили)} \quad (13.3)$$

Если 3 светила расположены по всему горизонту и их разность азимутов находится в пределах $110^\circ \div 130^\circ$, то радиальная СКП обсервованного места может быть определена по приближенной формуле:

$$M_{0(3ВЛП)} = 1,2m_h \text{ (мили)} \quad (13.4)$$

где m_h – СКП измерения высоты светила (дуг. мин.).

13.6. Определение места судна в море по высотам 4-х светил

Из астрономических способов наиболее надежным и точным является способ определения места судна по высотам 4-х светил.

Для наблюдения подбираются светила, расположенные по всему горизонту, при смежных разностях азимутов $\Delta A \approx 90^\circ$. При соблюдении такого условия получают две пары почти параллельных ВЛП. Все ВЛП приводятся к моменту измерения высоты последнего светила.

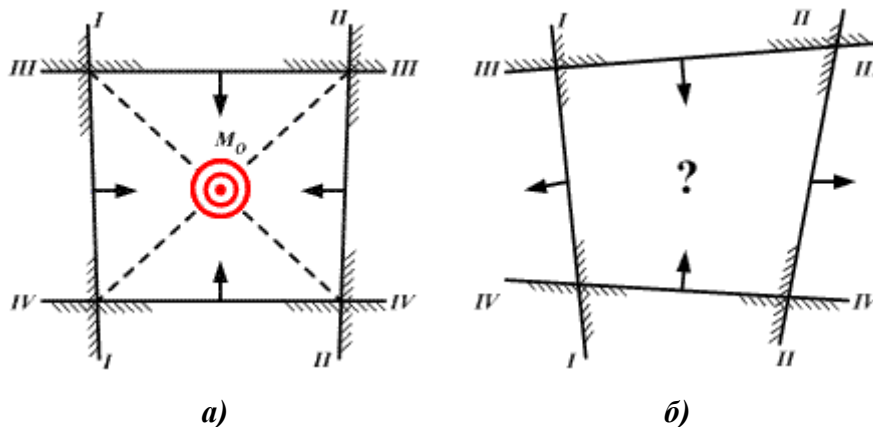


Рис. 13.8. Анализ фигуры погрешностей при четырех ВЛП

Из анализа освещенности сторон фигуры погрешностей (рис. 13.8) следует, что:

- если ВЛП попарно сходятся (расходятся), то промахи отсутствуют и вероятнейшее место судна находится на пересечении биссектрис углов попарно образованных ВЛП (рис. 13.8а);
- если в фигуре погрешностей 2 ВЛП сходятся, а 2 ВЛП расходятся, то это говорит о наличии промахов. В этом случае следует проверить все расчеты (рис. 13.8б), или повторить наблюдения.

При симметричном расположении азимутов светил по всему горизонту и равноточных ВЛП, радиальная СКП обсервованного места оценивается по приближенной формуле:

$$M_{0(4ВЛП)} \approx m_h \quad (13.5)$$

13.6.1. Примеры нахождения вероятнейшего места судна в фигуре погрешностей

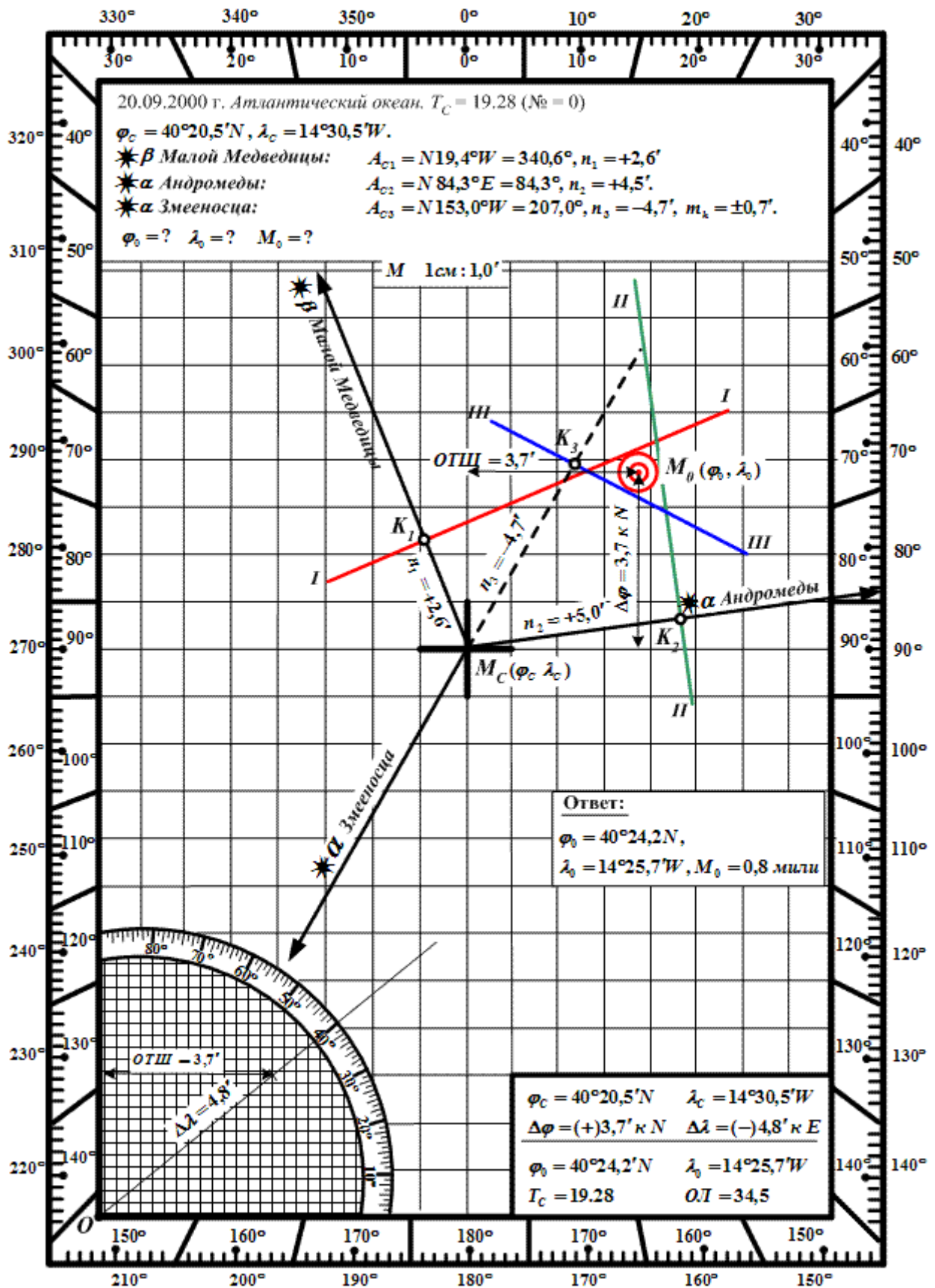


Рис. 13.9. Расчет φ_0 λ_0 при малой фигуре погрешности

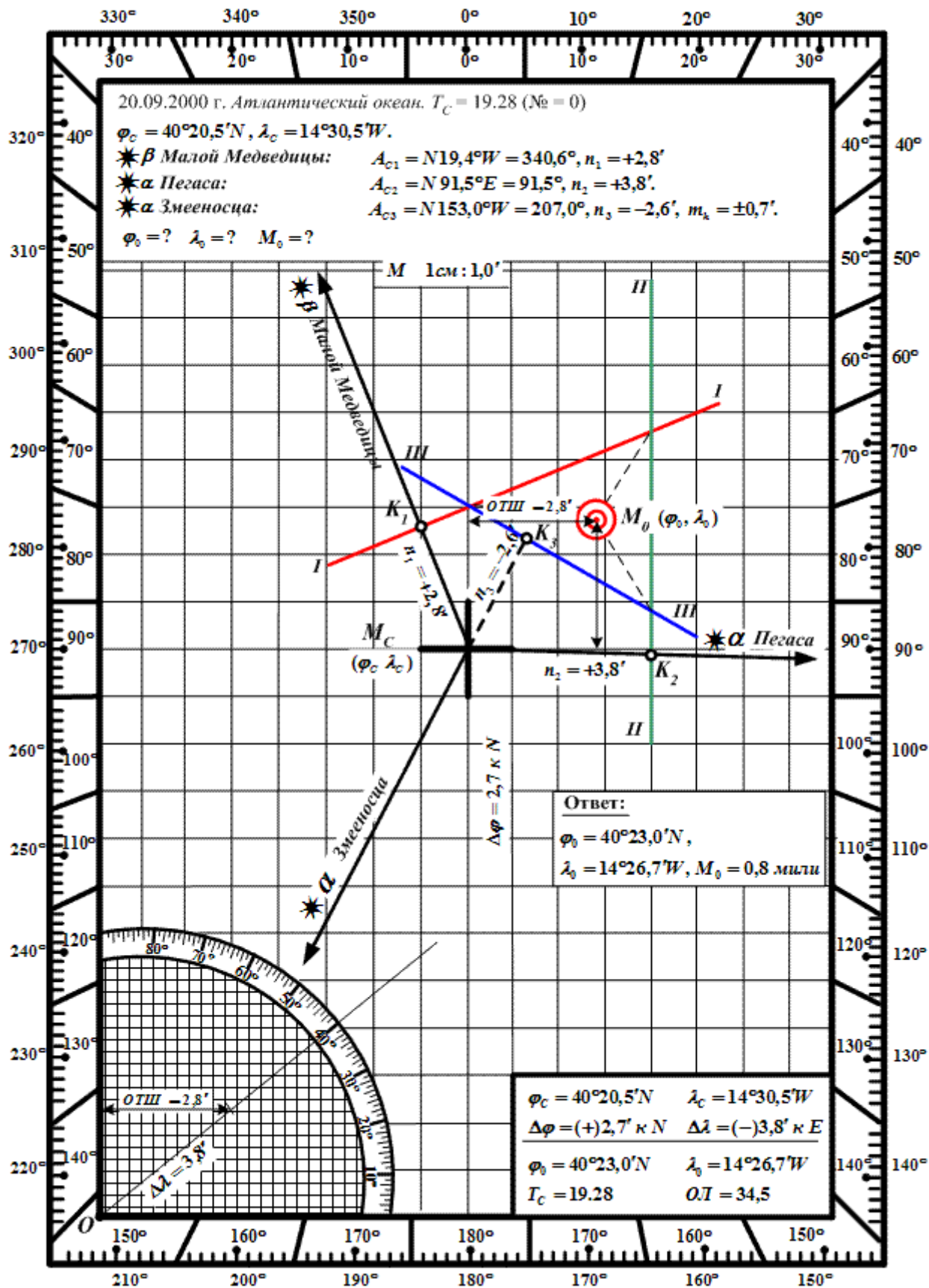


Рис. 13.10. Расчет φ_0 λ_0 при большой фигуре погрешности

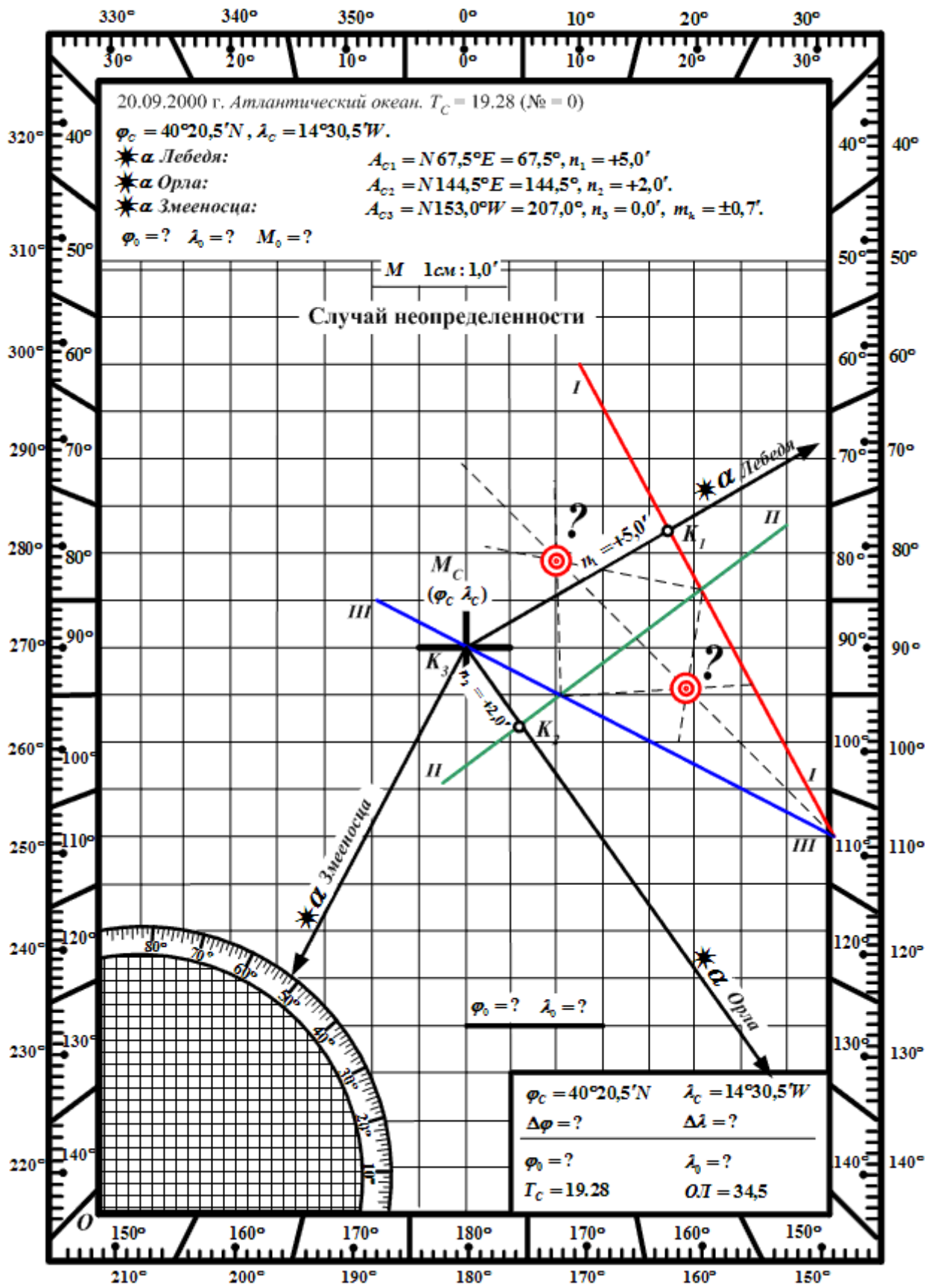


Рис.13.11. Случай неопределенности при трех ВЛП

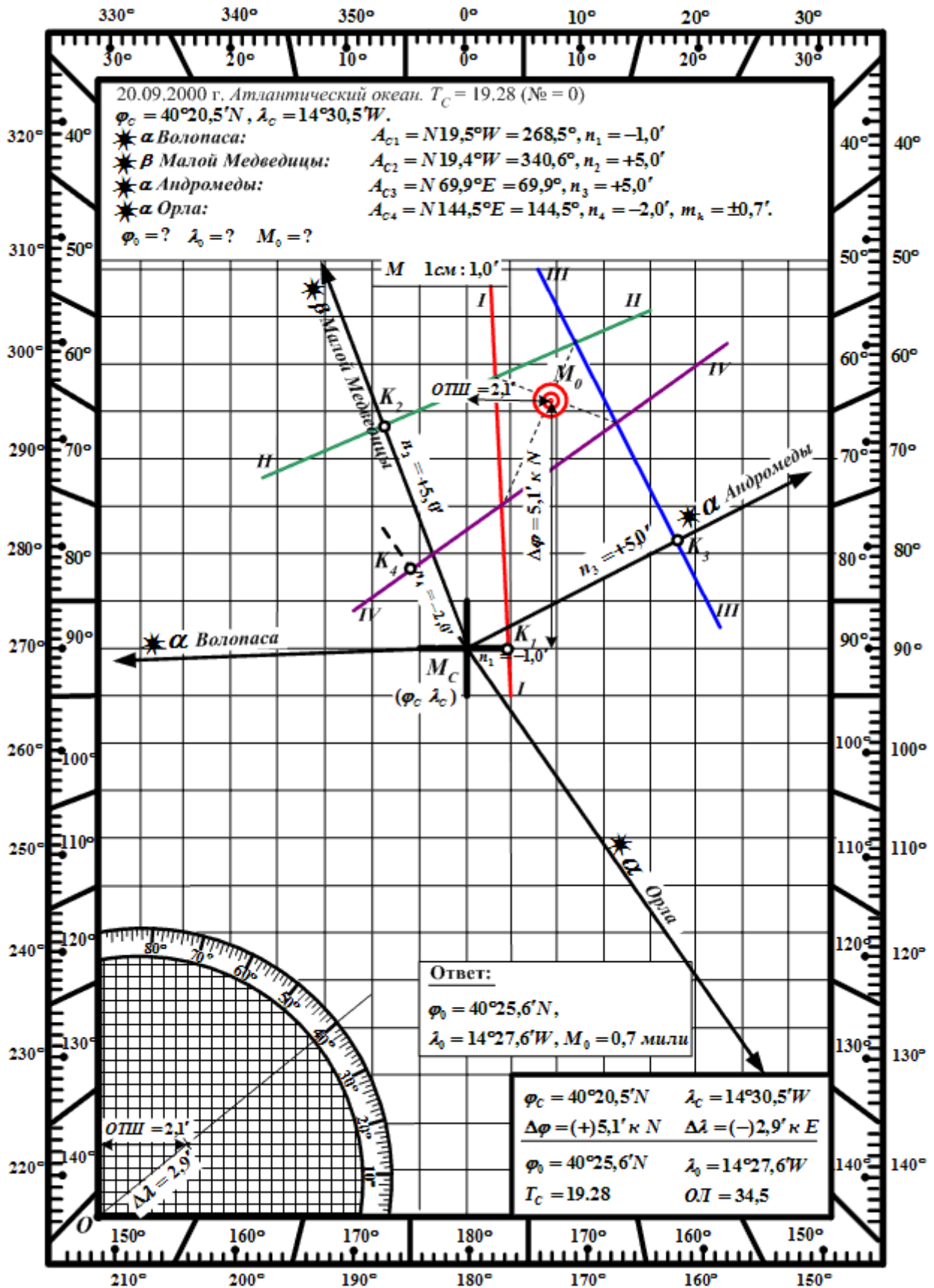


Рис.13.12. Расчет φ_0 λ_0 при четырех ВЛП (вариант)

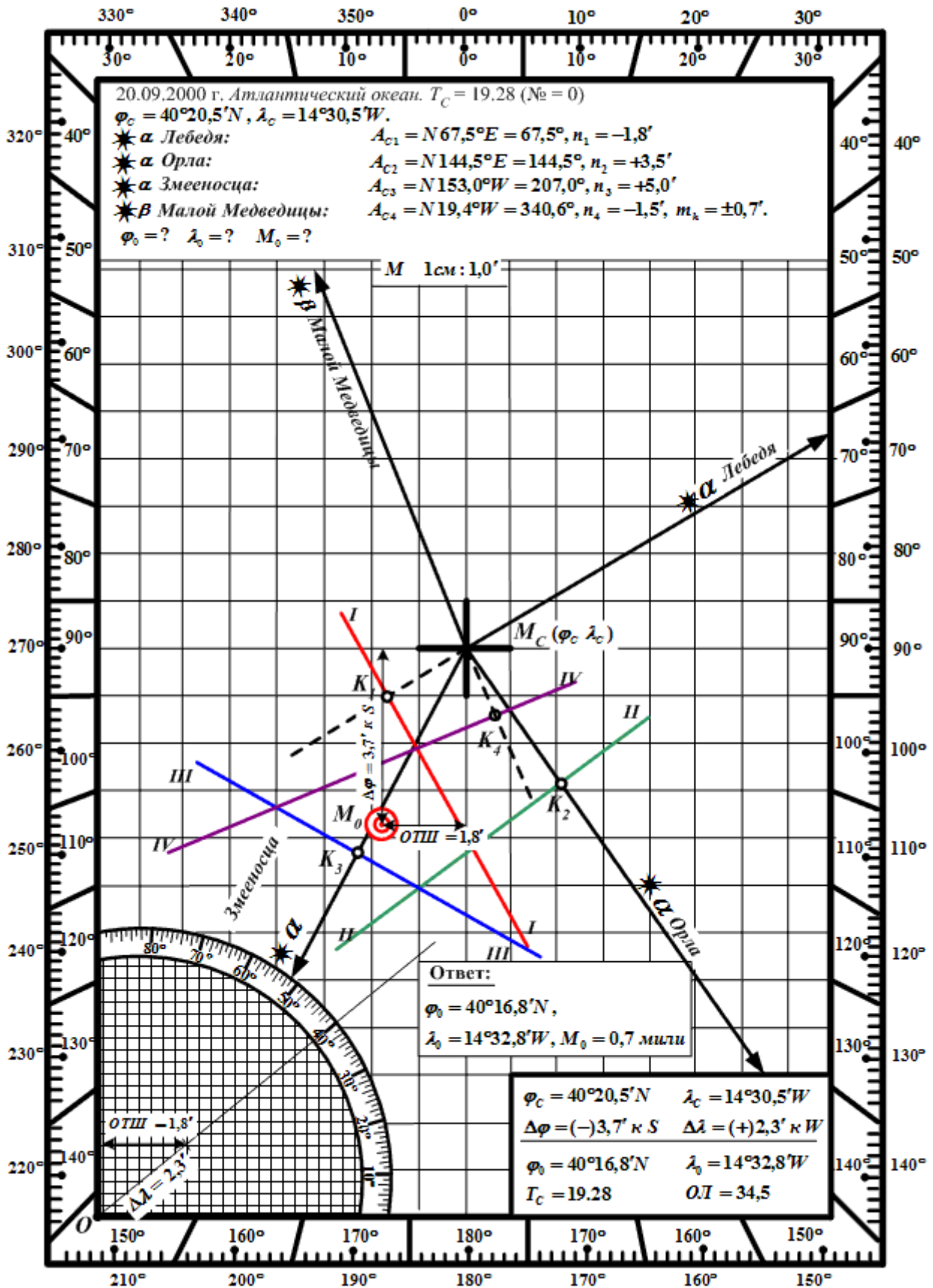


Рис.13.13. Расчет $\varphi_0 \lambda_0$ при четырех ВЛП (вариант)

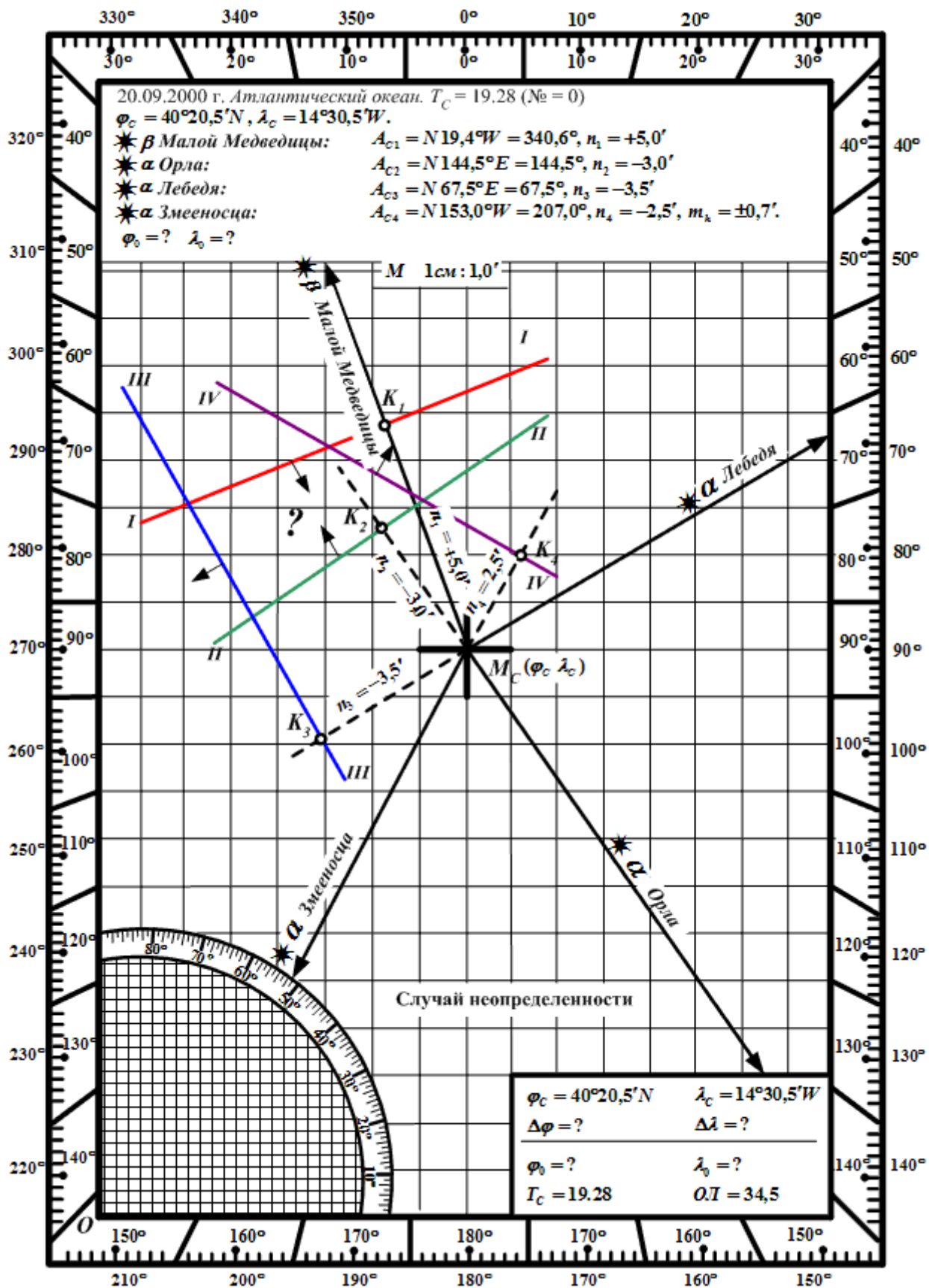


Рис.13.14. Случай неопределенности при четырех ВЛП

13.6.2. Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам трех звезд при наличии фигуры погрешностей
(ИК = 10°, V = 12 уз., e = 4,0 м, t_B°С = +20°, В_B = 750 мм)

| № п/п | Условие | | | | | | Ответ φ ₀ , λ ₀ |
|-------|-------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|-------|--|
| | Дата, №, U _ч | φ _с , λ _с , U _{хр} | Звезда | T _{ср} | ОС _{ср} | i + S | |
| 1 | 01.06.2000 | 42°12,0'N | ε Б. Медведицы | 20.27.06 | 75°57,1' | +1,7' | 42°15,5'N |
| | 3E | 36°15,0'E | α Змееносца | 20.28.18 | 19°37,0' | +2,1' | 36°22,5'E |
| | -3.00.06 | -0м06с | δ Льва | 20.29.30 | 62°10,4' | +2,0' | |
| 2 | 02.06.2000 | 42°18,0'N | α Б. Медведицы | 20.29.30 | 65°54,2' | -1,1' | 42°21,5'N |
| | 3E | 36°20,0'E | α Лиры | 20.30.42 | 25°54,2' | -1,6' | 36°22,2'E |
| | -3.00.04 | -0м04с | β Льва | 20.31.54 | 60°01,7' | -1,9' | |
| 3 | 03.06.2000 | 42°24,0'N | β Б. Медведицы | 20.31.54 | 68°05,7' | +1,9' | 42°26,3'N |
| | 3E | 36°36,0'E | γ Дракона | 20.33.00 | 39°16,3' | +1,7' | 36°35,7'E |
| | -3.00.14 | -0м14с | α Девы | 20.34.18 | 35°52,6' | +1,7' | |
| 4 | 04.06.2000 | 42°30,0'N | γ Льва | 20.34.18 | 50°23,5' | -1,7' | 42°32,4'N |
| | 3E | 36°44,0'E | β Б. Медведицы | 20.35.30 | 55°53,2' | -1,8' | 36°49,5'E |
| | -3.00.08 | -0м08с | α Сев. Короны | 20.36.48 | 54°33,6' | -1,8' | |
| 5 | 05.06.2000 | 42°36,0'N | α Льва | 20.36.48 | 41°47,1' | +1,6' | 42°38,9'N |
| | 3E | 36°33,0'E | β Весов | 20.38.00 | 29°37,1' | +2,1' | 36°40,1'E |
| | -3.00.18 | -0м18с | β М. Медведицы | 20.39.18 | 56°15,7' | +1,2' | |
| 6 | 06.06.2000 | 42°40,0'N | β Льва | 20.39.18 | 57°25,8' | -1,9' | 42°40,8'N |
| | 3E | 36°48,0'E | γ Б. Медведицы | 20.40.36 | 73°37,8' | -2,2' | 36°43,7'E |
| | -3.01.14 | -1м14с | α Лиры | 20.41.54 | 30°27,3' | -0,9' | |
| 7 | 07.06.2000 | 42°48,0'N | η Б. Медведицы | 20.41.54 | 81°23,2' | +1,6' | 42°50,1'N |
| | 3E | 36°52,0'E | α Сев. Короны | 20.43.06 | 57°35,5' | +1,1' | 36°57,8'E |
| | -3.01.02 | -1м02с | α Льва | 20.44.18 | 39°03,1' | +1,7' | |
| 8 | 08.06.2000 | 42°52,0'N | α Цефея | 20.44.18 | 26°12,8' | -1,6' | 42°57,1'N |
| | 3E | 36°56,0'E | β Весов | 20.45.30 | 31°38,7' | -2,0' | 36°55,0'E |
| | -3.00.18 | -0м18с | γ Льва | 20.46.48 | 45°21,4' | -2,5' | |
| 9 | 09.06.2000 | 42°58,0'N | α Б. Медведицы | 20.46.48 | 61°48,9' | +1,0' | 42°59,0'N |
| | 3E | 37°07,0'E | α Змееносца | 20.48.00 | 29°17,1' | +2,1' | 37°01,6'E |
| | -3.01.03 | -1м03с | β Льва | 20.49.24 | 54°20,8' | +1,2' | |
| 10 | 10.06.2000 | 43°00,0'N | ε Б. Медведицы | 20.49.24 | 75°30,1' | -1,2' | 43°01,1'N |
| | 3E | 37°12,0'E | α Змееносца | 20.50.36 | 30°49,9' | 0,0' | 37°17,6'E |
| | -3.00.12 | -0м12с | δ Льва | 20.51.48 | 52°32,8' | -0,8' | |
| 11 | 11.06.2000 | 42°06,0'N | α Льва | 20.28.10 | 39°11,7' | +1,7' | 42°04,0'N |
| | 3E | 37°17,0'E | β М. Медведицы | 20.29.28 | 56°16,4' | +1,1' | 37°19,4'E |
| | -3.01.10 | -1м10с | α Сев. Короны | 20.30.58 | 58°41,5' | +1,1' | |
| 12 | 12.06.2000 | 42°12,0'N | β Б. Медведицы | 20.31.12 | 63°13,2' | -1,0' | 42°15,0'N |
| | 3E | 37°27,0'E | α Лиры | 20.32.42 | 33°10,1' | -0,1' | 37°27,0'E |
| | -3.01.02 | -1м02с | α Девы | 20.34.12 | 36°41,0' | -0,2' | |
| 13 | 13.06.2000 | 42°25,0'N | α Цефея | 20.34.12 | 26°44,8' | +2,3' | 42°28,3'N |
| | 3E | 37°37,0'E | α Волопаса | 20.35.54 | 65°15,0' | +0,9' | 37°34,2'E |
| | -3.00.24 | -0м24с | γ Льва | 20.37.24 | 43°08,1' | +1,5' | |
| 14 | 14.06.2000 | 42°32,0'N | α Льва | 20.37.36 | 35°26,5' | -0,1' | 42°29,4'N |
| | 3E | 37°17,0'E | η Б. Медведицы | 20.39.06 | 83°09,0' | -1,4' | 37°13,6'E |
| | -3.01.06 | -1м06с | β Весов | 20.40.36 | 33°49,7' | 0,0' | |
| 15 | 15.06.2000 | 42°44,0'N | α Лиры | 20.40.48 | 36°34,9' | +1,8' | 42°41,2'N |
| | 3E | 37°07,0'E | α Девы | 20.42.18 | 35°58,6' | +1,8' | 37°07,2'E |
| | -3.00.18 | -0м18с | γ Б. Медведицы | 20.43.48 | 68°07,5' | +0,9' | |
| 16 | 16.06.2000 | 42°12,0'N | ε Б. Медведицы | 19.36.40 | 74°54,9' | -1,2' | 42°12,8'N |
| | 2W | 26°10,0'W | α Змееносца | 19.38.10 | 30°39,8' | 0,0' | 26°15,1'W |
| | +2.00.20 | +0м20с | δ Льва | 19.39.40 | 53°08,1' | -0,8' | |
| 17 | 17.06.2000 | 42°24,0'N | α Б. Медведицы | 19.40.00 | 59°59,8' | +1,1' | 42°27,7'N |
| | 2W | 26°30,0'W | α Лиры | 19.41.30 | 35°45,0' | +1,9' | 26°25,7'W |
| | +2.00.15 | +0м15с | α Девы | 19.43.00 | 36°17,0' | +1,8' | |

| | | | | | | | |
|----|------------|-----------|-------------------------|----------|----------|-------|-----------|
| 18 | 18.06.2000 | 42°36,0'N | β Б. Медведицы | 19.43.20 | 60°38,3' | -1,0' | 42°33,2'N |
| | 2W | 26°50,0'W | γ Дракона | 19.44.50 | 48°01,9' | -0,6' | 26°56,2'W |
| | +2.00.40 | +0м40с | α Волопаса | 19.46.20 | 66°03,0' | -1,1' | |
| 19 | 19.06.2000 | 42°48,0'N | γ Льва | 19.46.50 | 40°17,2' | +1,6' | 42°52,7'N |
| | 2W | 27°10,0'W | β М. Медведицы | 19.48.20 | 58°05,5' | +1,1' | 27°10,4'W |
| | +2.00.10 | +0м10с | α Сев. Короны | 19.49.50 | 64°09,0' | +1,0' | |
| 20 | 20.06.2000 | 42°50,0'N | α Льва | 19.50.07 | 31°53,5' | -0,1' | 42°49,6'N |
| | 2W | 27°30,0'W | β Весов | 19.51.37 | 34°58,9' | -0,1' | 27°26,1'W |
| | +2.00.13 | +0м13с | α Цефея | 19.53.07 | 29°32,2' | +0,1' | |
| 21 | 21.06.2000 | 43°20,0'N | α Волопаса | 19.53.15 | 65°53,1' | -1,1' | 43°17,4'N |
| | 2W | 27°45,0'W | γ Б. Медведицы | 19.54.45 | 66°09,6' | -1,1' | 27°40,6'W |
| | +2.00.15 | +0м15с | α Лиры | 19.56.15 | 40°27,4' | -0,4' | |
| 22 | 22.06.2000 | 43°30,0'N | β М. Медведицы | 19.56.47 | 59°05,6' | +1,1' | 43°32,7'N |
| | 2W | 27°55,0'W | α Сев. Короны | 19.58.17 | 66°18,9' | +0,9' | 28°00,4'W |
| | +2.00.03 | +0м03с | α Льва | 19.59.47 | 29°00,4' | +2,1' | |
| 23 | 23.06.2000 | 43°30,0'N | α Цефея | 20.00.12 | 31°52,7' | 0,0' | 43°29,6'N |
| | 2W | 27°27,0'W | β Весов | 20.01.42 | 35°44,8' | -0,1' | 27°23,2'W |
| | +2.00.08 | +0м08с | γ Льва | 20.03.12 | 34°35,0' | -0,2' | |
| 24 | 24.06.2000 | 43°40,0'N | α Б. Медведицы | 20.03.20 | 55°24,6' | +1,2' | 43°43,8'N |
| | 2W | 27°15,0'W | γ Лебеда | 20.04.50 | 27°52,5' | +2,2' | 27°11,3'W |
| | +2.01.00 | +1м00с | α Волопаса | 20.06.20 | 65°16,2' | +1,7' | |
| 25 | 25.06.2000 | 42°30,0'N | ϵ Б. Медведицы | 20.06.45 | 68°41,7' | -1,1' | 42°35,0'N |
| | 2W | 26°50,0'W | β Весов | 20.08.15 | 37°26,3' | -0,2' | 26°49,3'W |
| | +2.01.15 | +1м15с | α Цефея | 20.09.45 | 33°08,6' | -0,1' | |
| 26 | 26.06.2000 | 42°10,0'N | α Льва | 20.10.05 | 23°10,3' | +2,6' | 42°13,4'N |
| | 2W | 26°15,0'W | β М. Медведицы | 20.11.35 | 58°07,1' | +1,1' | 26°19,0'W |
| | +2.00.25 | +0м25с | α Сев. Короны | 20.13.05 | 72°00,9' | +0,8' | |
| 27 | 27.06.2000 | 42°18,0'N | β Б. Медведицы | 20.13.20 | 50°40,7' | -0,7' | 42°14,9'N |
| | 2W | 25°45,0'W | α Лиры | 20.14.50 | 49°06,3' | -0,7' | 25°43,5'W |
| | +2.01.05 | +1м05с | β Весов | 20.16.20 | 38°19,0' | -0,3' | |
| 28 | 28.06.2000 | 42°24,0'N | α Цефея | 20.16.55 | 35°21,9' | +1,9' | 42°27,2'N |
| | 2W | 25°30,0'W | α Сев. Короны | 20.18.25 | 73°15,9' | +0,8' | 25°33,8'W |
| | +2.00.25 | +0м25с | γ Льва | 20.19.55 | 26°32,7' | +0,3' | |
| 29 | 29.06.2000 | 42°25,0'N | α Цефея | 20.20.16 | 36°13,1' | +1,8' | 42°30,1'N |
| | 2W | 25°40,0'W | η Б. Медведицы | 20.21.46 | 73°41,6' | +0,8' | 25°39,5'W |
| | +2.01.14 | +1м14с | β Весов | 20.23.16 | 38°11,0' | +1,7' | |
| 30 | 30.06.2000 | 42°45,0'N | α Лиры | 20.24.07 | 53°10,2' | -0,8' | 42°45,2'N |
| | 2W | 25°16,0'W | α Девы | 20.25.37 | 29°56,7' | +0,1' | 25°20,0'W |
| | +2.00.23 | +0м23с | γ Б. Медведицы | 20.27.07 | 54°25,8' | -0,8' | |

Выводы

1. Для получения более точного и надежного обсервованного места судна, необходимо иметь три и более ВЛП, при которых получается полноценная обсервация.
2. Для исключения систематических погрешностей – светила для наблюдений следует подбирать по всему горизонту.
3. При наличии только систематических погрешностей вероятнейшее место в фигуре погрешности находится на пересечении астрономических биссектрис углов, стороны которых имеют одинаковую освещенность.
4. При наличии только случайных погрешностей вероятнейшее место в фигуре погрешности находится внутри фигуры на пересечении противомедиан.
5. Из астрономических способов, наиболее надежным и точным, является способ определения места судна по высотам 4-х светил.

ГЛАВА 14. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СУДОВОЖДЕНИЯ

14.1. Определение широты места судна по высоте Полярной звезды

14.1.1. Общие положения

Высота повышенного полюса Мира (P_N) численно равна широте места наблюдателя: $h_{P_N} = \varphi$ (рис. 14.1).

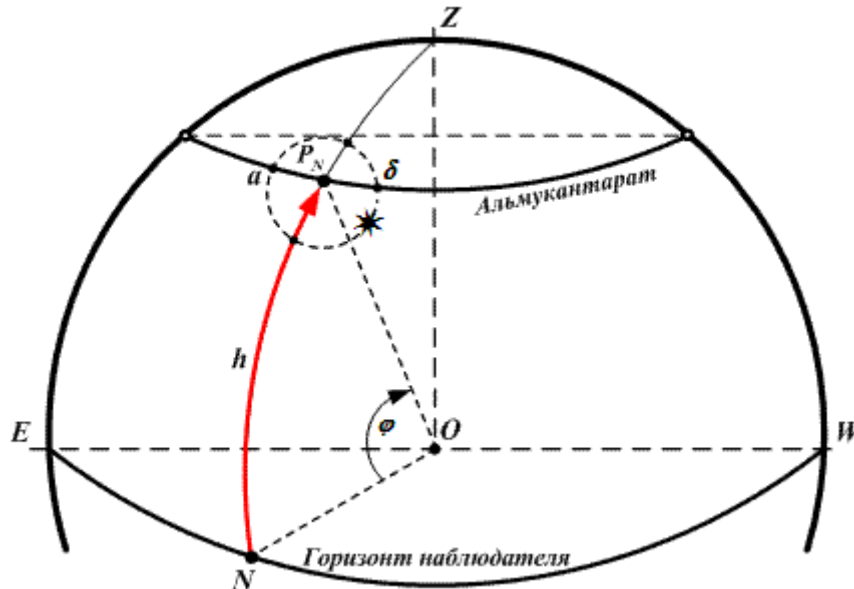


Рис. 14.1. Видимое суточное движение Полярной звезды

Если наблюдатель находится в месте географического северного полюса (P_N), то:

$$h_{P_N} = \varphi = 90^\circ \quad (14.1)$$

Если бы в точке P_N находилась какая-либо звезда, то измеренная и исправленная всеми поправками высота этой звезды являлась бы одновременно и измеренной широтой места наблюдателя (φ_0), т.е.:

$$\varphi_0 = \text{Ист.}h = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_\rho + \Delta h_t + \Delta h_B \quad (14.2)$$

где OC_{CP} – среднее значение отсчета секстана при измерении высоты звезды;

$i + S$ – поправка секстана (Δ);

Δh_d – поправка за наклонение видимого горизонта;

Δh_ρ – поправка за астрономическую рефракцию;

$\Delta h_{t(B)}$ – поправка к высоте за температуру (давление) воздуха.

В действительности такой звезды, находящейся строго в т. P_N , нет.

На небесной сфере есть звезда, которая располагается в нашу эпоху вблизи северного полюса Мира (P_N). Эта звезда – α Малой Медведицы – Полярная звезда.

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

Два раза в сутки, когда альмукантарат Полярной звезды совпадает с альмукантаратом северного полюса Мира (тт. a и b , рис. 14.2), истинная высота этой звезды численно равна широте места наблюдателя, т.е. $\varphi_0 = h^*$.

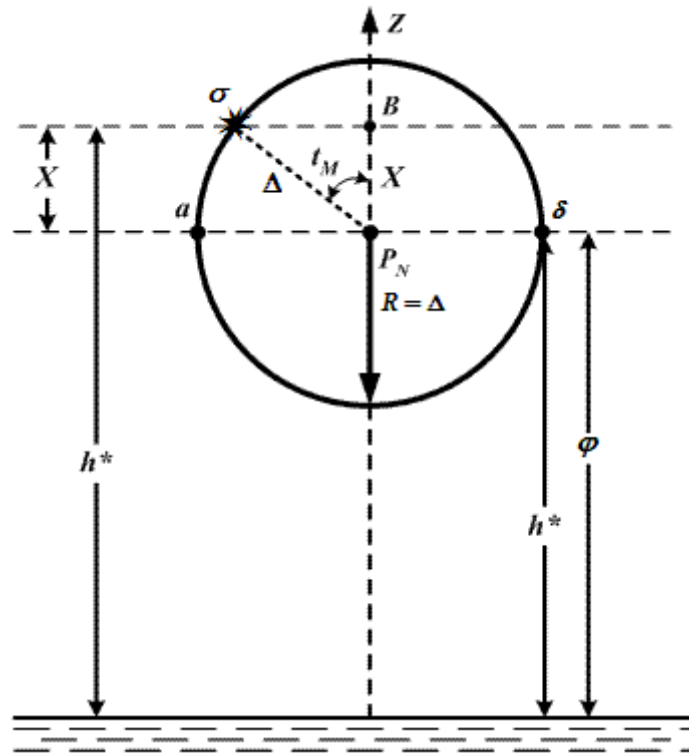


Рис. 14.2. Широта по высоте Полярной

Из рис. 14.2 следует, что широта места наблюдателя (φ), равная высоте повышенного полюса Мира (h_{PN}), отличается от высоты Полярной звезды (h^*) на величину X , т.е.:

$$\varphi = h^* + X \quad (14.3)$$

Величина X в течение суток изменяется в пределах от « $+\Delta$ » до « $-\Delta$ ».

Принимая (по его малости) сферический треугольник $P_N\sigma B$ за плоский, можно получить приближенное значение X на любой момент времени по формуле:

$$X = \Delta \cdot \cos t_M \quad (14.4)$$

$$\text{где } t_M = t^* \varphi_M - \alpha^* \quad (14.5)$$

В действительности треугольник $P_N\sigma B$ не плоский, а величины Δ и α в течение года, хотя и незначительно, но изменяются.

Поэтому на практике величина X рассчитывается, как сумма 3-х поправок, т.е.

$$X = I \text{ погр.} + II \text{ погр.} + III \text{ погр.} \quad (14.6)$$

где **I погр.** – основная величина X при решении плоского треугольника – на 2000 г. $\rightarrow (-44,0' \div +44,0')$;

II погр. – величина, учитывающая сферичность треугольника $P_N\sigma B$ – 2000 г. $\rightarrow (0,0' \div +1,0')$;

III погр. – величина, учитывающая изменение Δ и α Полярной звезды в течении года ($-0,5' \div +0,5'$) на 2000 г.).

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

$$\varphi_o = \text{Ист.}h^* + I \text{ погр.} + II \text{ погр.} + III \text{ погр.} \quad (14.7)$$

14.1.2. Практическое выполнение способа

1. Подготовить к наблюдениям навигационный секстан и рабочие часы.
2. Проверить перпендикулярность зеркал СНО плоскости азимутального лимба.

3. Определить поправку рабочих часов ($U_{\text{ч}}$) по сигналам точного времени или по сличению с хронометром.
4. Определить поправку индекса навигационного секстана (i) по звезде.
5. В быстрой последовательности измерить серию из 3-х высот Полярной звезды, замечая время каждого замера высоты.

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

6. Рассчитать средний отсчет секстана:

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

и среднее время замера высоты:

7. На время T_{CP} снять с путевой навигационной карты координаты счислимого места судна (φ_c, λ_c).
8. Из формуляра секстана выбрать значение его инструментальной поправки (S) и рассчитать значение поправки секстана ($i + S$).
9. Рассчитать значение истинной высоты Полярной звезды:

$$\text{Ист.}h^* = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_p$$

10. Рассчитать Гринвичское время замера высоты звезды: $T_{GP} = T_{CP} + U_{\text{ч}}$.

11. Из МАЕ текущего года выбрать значение $t^{\text{ГР}}$:

- из ЕТ МАЕ (с.26÷269) по дате и целому часу $T_{GP} \rightarrow t^{\text{ГР}} \leftarrow$ Приложение 1;
- из ОИТ МАЕ (с. 289÷319) по числу минут и секунд $T_{GP} \rightarrow \Delta t^{\text{ГР}}$ (Приложение 8) и тогда:

$$t^{\text{ГР}} = t^{\text{ГР}} + \Delta t^{\text{ГР}}$$

12. Рассчитать значение местного часового угла точки Овна:

$$t^{\text{М}} = t^{\text{ГР}} \pm \lambda_c \text{ E/W}$$

13. Из таблицы I «Широта по высоте Полярной» МАЕ (с. 277, 278) по значению $t^{\text{М}}$ выбрать значение «I поправки», например (см. Приложение 4):

- для $t^{\text{М}} = 34^{\circ}30'$ I попр. = $-43,9'$ (2000 г.);
- для $t^{\text{М}} = 215^{\circ}30'$ I попр. = $+43,9'$ (2000 г.);

14. Из таблицы II «Широта по высоте Полярной» МАЕ (с. 279) по значениям $t^{\text{М}}$ и $\text{Ист.}h^*$ выбрать значение II поправки, например (см. Приложение 4):

- для $t^{\text{М}} = 135^{\circ}$ и $\text{Ист.}h^* = 72^{\circ}$ II попр. = $+0,9'$ (2000 г.);

15. Из таблицы III «Широта по высоте Полярной» МАЕ (с. 280), по дате и значению $t^{\text{М}}$ выбрать значение III поправки, например (см. Приложение 4):

- на I.X. для $t^{\text{М}} = 330^{\circ} \rightarrow$ III попр. = $0,1'$ (2000 г.).

16. Рассчитать значение обсервованной широты (φ_0) по формуле (14.7):

$$\varphi_0 = \text{Ист.}h^* + I \text{ попр.} + II \text{ попр.} + III \text{ попр.}$$

Объем вычислений для получения обсервованной широты (φ_0) по высоте Полярной звезды много меньше, чем при расчете элементов ВЛП ($A_c, n = h - h_c$) для любого другого светила.

Именно поэтому параллель φ_0 выгодно использовать как одну из ВЛП при определении места судна астрономическим способом.

На путевой МНК или на астрономическом бланке ф. Ш-8 параллель (φ_0) прокладывается по значению $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_c$ (1,0'~1,0 миль):

$$\text{(рис. 14.3)} \left\{ \begin{array}{l} \text{— к северу от счислимого места — если } \varphi_0 > \varphi_c; \\ \text{— к югу от счислимого места — если } \varphi_0 < \varphi_c. \end{array} \right\} \text{(в южном полушарии — наоборот).}$$

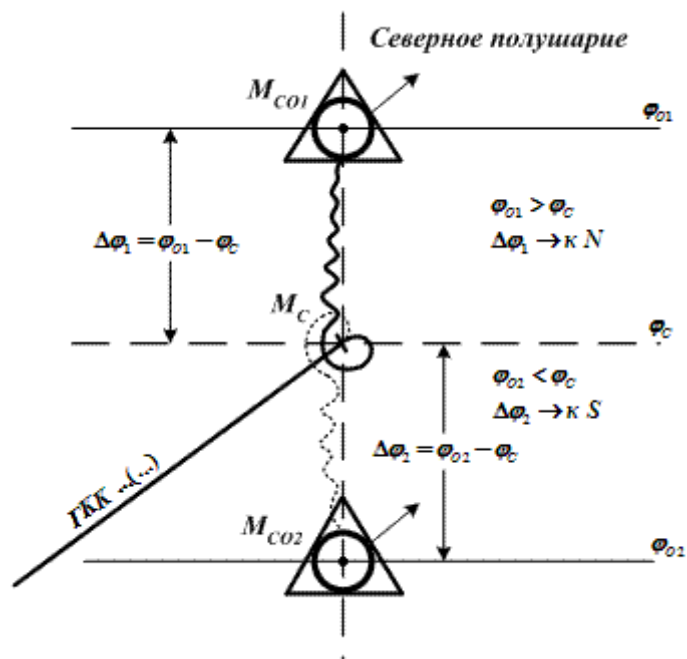


Рис.14.3. Параллель φ_0 по высоте Полярной

При отсутствии данных по 2-й ВЛП, место судна корректируется только по широте, переносом числимого места (т. M_c) по меридиану (рис. 14.3) на параллель φ_{01} (или φ_{02}).

14.1.3. Упрощенный способ определения обсервованной широты по высоте Полярной звезды

Широту места ночью довольно просто определить по расположению $\star \eta$ Большой Медведицы (Бенетнаш) и $\star \epsilon$ Кассиопеи (Сегин) относительно Полярной звезды (рис. 14.4).

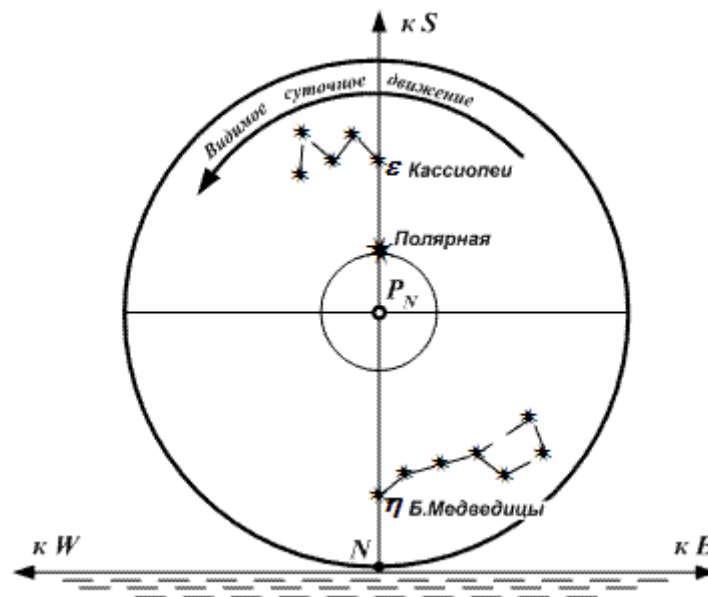


Рис. 14.4. Упрощенный способ определения φ_0 по высоте Полярной

1. Если звезда η Большой Медведицы (Бенетнаш) расположена над Полярной звездой, то

$$\varphi_0 = \text{Ист.}h^* + \Delta \quad (14.8)$$

2. Если звезда ε Кассиопеи (Сегин) расположена над Полярной звездой, то

$$\varphi_0 = \text{Ист.}h^* - \Delta \quad (14.9)$$

3. Если звезда η Большой Медведицы (Бенетнаш) и звезда ε Кассиопеи (Сегин) находятся на одном альмукунтарате с Полярной звездой, то $\varphi_0 = \text{Ист.}h^*$.

Во всех случаях: $\text{Ист.}h^* = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_p \rightarrow$ истинная высота Полярной звезды, $\Delta = 90^\circ - \delta \rightarrow$ полярное расстояние Полярной звезды.

Склонение Полярной звезды (δ) выбирается из МАЕ текущего года (табл. «Звезды. Видимые места» – с. 275) \rightarrow см. Приложение 2.

При отсутствии на судне МАЕ текущего года приближенное значение (с погрешностью не более 0,8') полярного расстояния для Полярной звезды можно выбрать из приведенной ниже таблицы 14.1.

Таблица 14.1.

| | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Год | 2000 | 2006 | 2008 | 2010 | 2012 | 2014 | 2016 | 2018 | 2020 |
| Δ | 44,0' | 42,3' | 41,8' | 41,3' | 40,9' | 40,5' | 40,1' | 39,6' | 39,0' |

14.1.4. Задачи на вычисление наблюдаемой широты по высоте Полярной звезды.

$$[\varphi_c = 42^\circ 30,0'N, (i + S) = +4,5', e = 4m]$$

| № п/п | Условие | | | | | Ответ φ_0 |
|-------|--------------|----------|------------|-------------|-----------|----------------------|
| | Дата | T_{CP} | U_{η} | λ_c | OC_{CP} | |
| 1 | 1.07.2000г. | 4·45·15 | –4·01·10 | 36°55,3'E | 42°47,5' | 42°33,0'N |
| 2 | 2.07.2000г. | 4·55·25 | –4·00·15 | 36°09,5'E | 42°51,7' | 42°35,0'N |
| 3 | 3.07.2000г. | 4·40·45 | –4·00·05 | 36°48,4'E | 42°46,3' | 42°31,0'N |
| 4 | 4.07.2000г. | 4·35·35 | –4·01·15 | 36°24,6'E | 42°48,5' | 42°34,0'N |
| 5 | 5.07.2000г. | 4·35·25 | –4·01·05 | 36°25,1'E | 42°53,7' | 42°37,0'N |
| 6 | 6.07.2000г. | 4·53·35 | –4·00·25 | 36°43,0'E | 42°55,7' | 42°36,0'N |
| 7 | 7.07.2000г. | 4·38·15 | –4·01·10 | 36°45,8'E | 42°55,5' | 42°38,0'N |
| 8 | 8.07.2000г. | 4·32·45 | –4·00·35 | 36°00,6'E | 42°55,7' | 42°39,0'N |
| 9 | 9.07.2000г. | 4·30·45 | –4·00·05 | 36°24,0'E | 42°50,5' | 42°33,0'N |
| 10 | 10.07.2000г. | 4·27·35 | –4·00·10 | 36°13,7'E | 42°49,5' | 42°32,0'N |
| 11 | 11.07.2000г. | 4·22·25 | –4·00·15 | 36°33,6'E | 42°48,5' | 42°31,0'N |
| 12 | 12.07.2000г. | 4·18·15 | –4·00·05 | 36°34,7'E | 42°47,5' | 42°30,0'N |
| 13 | 13.07.2000г. | 4·26·48 | –4·00·18 | 36°30,1'E | 42°52,7' | 42°33,0'N |
| 14 | 14.07.2000г. | 4·22·54 | –4·00·14 | 36°29,7'E | 42°53,7' | 42°34,0'N |
| 15 | 15.07.2000г. | 4·20·36 | –4·00·06 | 36°02,2'E | 42°54,7' | 42°35,0'N |
| 16 | 16.07.2000г. | 4·28·56 | –4·00·16 | 36°00,1'E | 42°57,8' | 42°38,3'N |
| 17 | 17.07.2000г. | 4·54·42 | –4·00·12 | 36°32,5'E | 42°59,1' | 42°32,3'N |
| 18 | 18.07.2000г. | 4·48·54 | –4·00·14 | 36°01,0'E | 42°58,4' | 42°32,3'N |
| 19 | 19.07.2000г. | 4·42·18 | –4·00·08 | 36°39,7'E | 42°57,4' | 42°31,3'N |
| 20 | 20.07.2000г. | 4·36·36 | –4·00·16 | 36°08,3'E | 42°57,8' | 42°32,3'N |
| 21 | 21.07.2000г. | 4·58·48 | –4·00·08 | 36°33,2'E | 42°59,1' | 42°29,4'N |
| 22 | 22.07.2000г. | 4·56·32 | –4·00·12 | 36°09,2'E | 43°00,1' | 42°30,4'N |
| 23 | 23.07.2000г. | 4·54·22 | –4·00·12 | 36°42,6'E | 43°01,7' | 42°31,4'N |
| 24 | 24.07.2000г. | 4·52·32 | –4·01·02 | 36°23,6'E | 43°02,7' | 42°32,4'N |

| | | | | | | |
|----|--------------|---------|----------|-----------|----------|-----------|
| 25 | 25.07.2000г. | 4·50·48 | –4·00·18 | 36°39,5'E | 43°03,3' | 42°32,4'N |
| 26 | 26.07.2000г. | 4·48·38 | –4·00·08 | 36°10,4'E | 43°04,3' | 42°33,4'N |
| 27 | 27.07.2000г. | 4·46·42 | –4·00·12 | 36°41,4'E | 43°05,9' | 42°34,4'N |
| 28 | 28.07.2000г. | 4·44·52 | –4·00·12 | 36°09,8'E | 43°06,9' | 42°35,4'N |
| 29 | 29.07.2000г. | 4·42·42 | –4·00·02 | 36°40,7'E | 43°06,4' | 42°34,4'N |
| 30 | 30.07.2000г. | 4·40·38 | –4·00·08 | 36°14,2'E | 43°07,4' | 42°35,4'N |

14.2. Определение широты места судна по меридиональной высоте светила

14.2.1. Общие положения

В ходе видимого суточного движения светило дважды проходит через меридиан наблюдателя (верхняя и нижняя кульминация светила).

Если наблюдалась меридиональная (наибольшая) высота светила H^* в момент верхней кульминации, то обсервованная широта места наблюдателя (судна) рассчитывается по формуле (рис. 14.5):

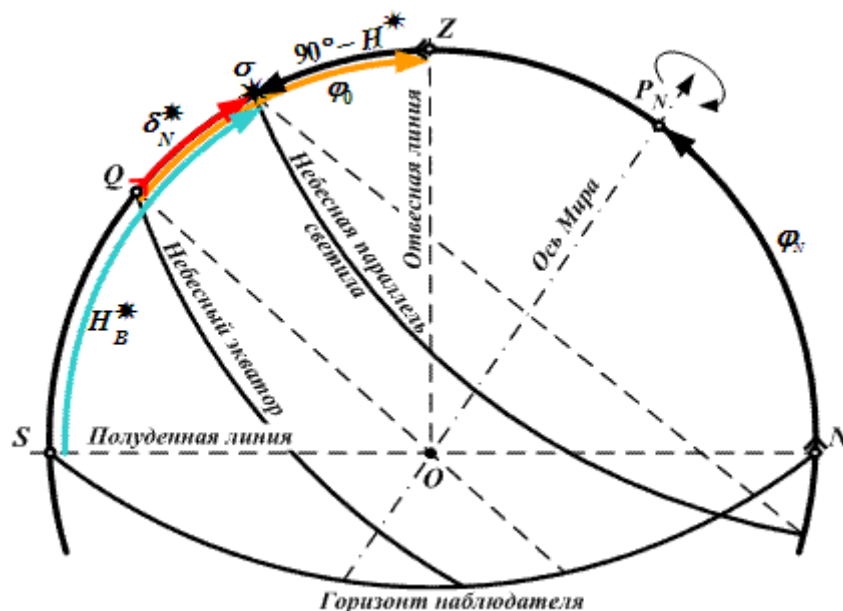


Рис. 14.5. Расчет φ_0 по H^*

$$\varphi_0 = (90^\circ - H^*) \pm \delta^* \quad (14.10)$$

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

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

Наблюдения за высотой светила начинаются за 35 мин. до момента его верхней кульминации и прекращаются после его кульминации, которая фиксируется по характеру изменения отсчетов секстанта (увеличение отсчета прекращается).

Погрешность измерителей времени на результат не влияет и точность определения обсервованной широты данным способом зависит только от точности измерения высоты и расчета значения *Ист.* h^* .

При наблюдениях звезд значение δ^* выбирается для данной звезды из таблицы «Звезды. Видимые места» МАЕ (с. 270–275) по № звезды и дате.

При наблюдениях Солнца, значение δ_\odot выбирается из ЕТ и ОИТ МАЕ текущего года, по дате наблюдений и Гринвичскому времени замера H_\odot .

Максимальное изменение δ_{\odot} за 1 час составляет $\sim 1,0'$ в дни «равноденствий» и $0,0'$ – в дни солнцестояний. Вполне допустимо значение δ_{\odot} определять только с помощью ЕТ МАЕ интерполяцией за минуты $T_{ГР}$.

14.2.2. Практическое выполнение способа

Для определения обсервованной широты (φ_0) по меридиональной высоте Солнца (для точки с координатами: $\varphi_c = 43^{\circ}30'N$, $\lambda_c = 37^{\circ}20'E$, $i + s = +0,5'$ $e = 5$ м) необходимо:

1. – Из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (10 июня 2000г.) выбрать местное время верхней кульминации Солнца на меридиане Гринвича:

$$T_{M^B_K} = 11ч 59м$$

2. – Рассчитать Гринвичское время кульминации Солнца по формуле:

$$T_{\odot_{ГРК}} = T_{\odot_{МК}} \mp \lambda E/W = 11ч 59м - 2ч 29м = 9ч 30м.$$

($\lambda_c = 37^{\circ}20'E = 2ч 29м \rightarrow$ с. 288 МАЕ) \rightarrow см. Приложение 7;

3. – Рассчитать судовое время кульминации (судовые часы по 4E часовому поясу) по формуле:

$$T_{\odot_{СК}} = T_{\odot_{ГРК}} \pm N_{\odot} E/W = 9ч 30м + 4ч = 13ч 30м.$$

4. – Подготовить навигационный секстан к работе, определить его поправку индекса (i);
5. – \sim с 13ч 25м (за 5 мин до верхней кульминации Солнца) начать наблюдение за его высотой; зафиксировать время (T) и отсчет секстана (OC) в момент начала уменьшения значений OC (см. табл. 14.2).

Таблица 14.2.

| T | OC |
|----------------|-------------------------------------|
| 13ч 25м | $69^{\circ}24,1'$ |
| 26м | 24,2 |
| 27м | 24,3 |
| 28м | 24,4 |
| 29м | 24,5 |
| 13ч 30м | $69^{\circ}24,6'$ |
| 31м | 24,5' |

6. – Рассчитать $Ист. H_{\odot} = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_{p+р} + R_{\odot} = 69^{\circ}24,6' + 0,5' - 4,0' - 0,3' + 15,8' = 69^{\circ}36,6'$.
7. – По $T_{ГР}$ замера H_{\odot} (9ч 30м) из ЕТ МАЕ (с. 132) выбираем значение $\delta_{\odot} = N23^{\circ}02,8'$ (см. Приложение 1).
8. – Рассчитать значение обсервованной широты по формуле:

$$\varphi_0 = (90^{\circ} - H_{\odot}) + \delta_{\odot} = (90^{\circ} - 69^{\circ}36,6') + 23^{\circ}02,8' = 43^{\circ}26,2'N.$$

Таким образом, фактическое место судна находится: – на 3,8 мили южнее счислимого.

Местное время верхней кульминации Солнца на меридиане Гринвича с точностью до 1 минуты можно выбрать из таблицы 14.3.

Таблица 14.3.

| Месяц | январь | | | февраль | | | март | | | апрель | | | май | | | июнь | | |
|---------------------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 1.I. | 10.I. | 20.I. | 1.II. | 10.II. | 20.II. | 1.III. | 10.III. | 20.III. | 1.IV. | 10.IV. | 20.IV. | 1.V. | 10.V. | 20.V. | 1.VI. | 10.VI. | 20.VI. |
| $T_{M\odot_K}$ ч.м. | 12.03 | 12.07 | 12.11 | 12.13 | 12.14 | 12.14 | 12.12 | 12.10 | 12.08 | 12.04 | 12.01 | 11.59 | 11.57 | 11.56 | 11.56 | 11.58 | 11.59 | 12.01 |
| Месяц | июль | | | август | | | сентябрь | | | октябрь | | | ноябрь | | | декабрь | | |
| | 1.VII. | 10.VII. | 20.VII. | 1.VIII. | 10.VIII. | 20.VIII. | 1.IX. | 10.IX. | 20.IX. | 1.X. | 10.X. | 20.X. | 1.XI. | 10.XI. | 20.XI. | 1.XII. | 10.XII. | 20.XII. |
| $T_{M\odot_K}$ ч.м. | 12.04 | 12.05 | 12.06 | 12.06 | 12.05 | 12.03 | 12.00 | 11.57 | 11.54 | 11.50 | 11.47 | 11.45 | 11.44 | 11.44 | 11.46 | 11.49 | 11.53 | 11.58 |

Для получения судового времени верхней кульминации Солнца необходимо решить формулу:

$$T_{c\odot_K} = T_{M\odot_K} \mp \lambda E/W \pm N\odot E/W \quad (14.11)$$

где $T_{M\odot_K}$ – местное время верхней кульминации Солнца на меридиане Гринвича → из таблицы 14.3;

$\lambda E/W$ – долгота счислимого места во временной мере → с. 288 МАЕ ($1^\circ \approx 4$ мин; 1 мин ≈ 15 с);

$N\odot E/W$ – номер часового пояса, по которому поставлены судовые часы.

Задача: Рассчитать судовое время верхней кульминации Солнца для точки с координатами: $\varphi_c = 43^\circ 30'N$, $\lambda_c = 37^\circ 20'E$ на 15.IV.2001 г. (судовые часы → по 4E часовому поясу).

Решение:

1. Из таблицы 14.3 на 15.IV → $T_{M\odot_K} = 12ч\ 00м.$
2. Гринвичское время → $T_{ГР\odot_K} = T_{M\odot_K} \mp \lambda E/W = 12ч\ 00м - 2ч\ 29м = 09ч\ 31м.$
3. Судовое время кульминации Солнца: $T_{c\odot_K} = T_{ГР\odot_K} \pm N\odot E/W = 09ч\ 31м + 4ч = 13ч\ 31м.$

Ответ: $T_{c\odot_K} = 13ч\ 31м.$

14.2.3 Задачи на вычисление судового времени верхней кульминации Солнца

| № п/п | Условие | | | | Ответ $T_{c\odot_K}$ |
|----------|--------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------------------|
| | Дата | φ_c | λ_c | $N\odot E/W$ | |
| 1 | 1.06.2000г. | $42^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 00,0'E$ | 3E | 12.34 |
| 2 | 2.06.2000г. | $43^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 20,0'E$ | 4E | 13.33 |
| 3 | 3.06.2000г. | $43^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 30,0'E$ | 3E | 12.32 |
| 4 | 4.06.2000г. | $44^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 40,0'E$ | 4E | 13.31 |
| 5 | 5.06.2000г. | $44^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 50,0'E$ | 3E | 12.31 |
| 6 | 6.06.2000г. | $42^\circ 30,0'N$ | $37^\circ 00,0'E$ | 4E | 13.30 |
| 7 | 7.06.2000г. | $43^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 00,0'E$ | 3E | 12.34 |
| 8 | 8.06.2000г. | $44^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 10,0'E$ | 4E | 13.33 |
| 9 | 9.06.2000г. | $44^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 20,0'E$ | 3E | 12.33 |
| 10 | 10.06.2000г. | $42^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 30,0'E$ | 4E | 13.33 |
| 11 | 11.06.2000г. | $43^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 40,0'E$ | 3E | 12.32 |
| 12 | 12.06.2000г. | $43^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 50,0'E$ | 4E | 13.32 |
| 13 | 13.06.2000г. | $44^\circ 00,0'N$ | $37^\circ 00,0'E$ | 3E | 12.31 |
| 14 | 14.06.2000г. | $44^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 00,0'E$ | 4E | 13.35 |
| 15 | 15.06.2000г. | $42^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 00,0'W$ | 2W | 12.23 |
| 16 | 16.06.2000г. | $43^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 20,0'W$ | 2W | 12.25 |
| 17 | 17.06.2000г. | $43^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 30,0'W$ | 2W | 12.26 |
| 18 | 18.06.2000г. | $44^\circ 00,0'N$ | $36^\circ 40,0'W$ | 2W | 11.27 |
| 19 | 19.06.2000г. | $44^\circ 30,0'N$ | $36^\circ 50,0'W$ | 3W | 11.27 |
| 20 | 20.06.2000г. | $42^\circ 30,0'N$ | $37^\circ 00,0'W$ | 3W | 11.29 |

| | | | | | |
|----|--------------|-----------|-----------|----|-------|
| 21 | 21.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°00,0'W | 2W | 12.25 |
| 22 | 22.06.2000г. | 43°30,0'N | 36°10,0'W | 2W | 12.26 |
| 23 | 23.06.2000г. | 44°00,0'N | 36°20,0'W | 2W | 12.27 |
| 24 | 24.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°30,0'W | 2W | 12.28 |
| 25 | 25.06.2000г. | 42°30,0'N | 36°40,0'W | 3W | 11.29 |
| 26 | 26.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°50,0'W | 3W | 11.30 |
| 27 | 27.06.2000г. | 43°30,0'N | 37°00,0'W | 3W | 11.31 |
| 28 | 28.06.2000г. | 44°00,0'N | 37°10,0'W | 3W | 11.32 |
| 29 | 29.06.2000г. | 44°30,0'N | 37°20,0'W | 3W | 11.32 |
| 30 | 30.06.2000г. | 43°30,0'N | 37°30,0'W | 3W | 11.34 |

14.2.4. Задачи на вычисление обсервованной широты места судна по меридиональной высоте Солнца
($e = 5$ м, $i + S = -1,5'$)

| № п/п | Условие | | | | | | Ответ |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------|----------------|----------|-------------|
| | Дата | φ_c | λ_c | № E/W | $Tc_{\odot K}$ | OC | φ_0 |
| 1 | 1.06.2000г. | 42°30,0'N | 36°00,0'E | 3E | 12.34 | 69°22,7' | 42°34,4'N |
| 2 | 2.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°20,0'E | 4E | 13.33 | 69°04,6' | 43°00,3'N |
| 3 | 3.06.2000г. | 43°30,0'N | 36°30,0'E | 3E | 12.32 | 68°39,1' | 43°33,2'N |
| 4 | 4.06.2000г. | 44°00,0'N | 36°40,0'E | 4E | 13.31 | 68°18,2' | 44°01,1'N |
| 5 | 5.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°50,0'E | 3E | 12.31 | 67°53,0' | 44°32,9'N |
| 6 | 6.06.2000г. | 42°30,0'N | 37°00,0'E | 4E | 13.30 | 70°02,2' | 42°29,8'N |
| 7 | 7.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°00,0'E | 3E | 12.34 | 69°34,1' | 43°03,7'N |
| 8 | 8.06.2000г. | 44°00,0'N | 36°10,0'E | 4E | 13.33 | 68°44,7' | 43°58,5'N |
| 9 | 9.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°20,0'E | 3E | 12.33 | 68°13,8' | 44°34,4'N |
| 10 | 10.06.2000г. | 42°30,0'N | 36°30,0'E | 4E | 13.33 | 70°24,6' | 42°28,2'N |
| 11 | 11.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°40,0'E | 3E | 12.32 | 69°51,9' | 43°05,1'N |
| 12 | 12.06.2000г. | 43°30,0'N | 36°50,0'E | 4E | 13.32 | 69°33,8' | 43°27,0'N |
| 13 | 13.06.2000г. | 44°00,0'N | 37°00,0'E | 3E | 12.31 | 68°59,3' | 44°04,8'N |
| 14 | 14.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°00,0'E | 4E | 13.35 | 68°40,4' | 44°26,7'N |
| 15 | 15.06.2000г. | 42°30,0'N | 36°00,0'W | 2W | 12.23 | 70°34,6' | 42°35,5'N |
| 16 | 16.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°20,0'W | 2W | 12.25 | 70°16,8' | 42°55,3'N |
| 17 | 17.06.2000г. | 43°30,0'N | 36°30,0'W | 2W | 12.26 | 69°38,6' | 43°35,2'N |
| 18 | 18.06.2000г. | 44°00,0'N | 36°40,0'W | 3W | 11.27 | 69°19,9' | 43°55,1'N |
| 19 | 19.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°50,0'W | 3W | 11.27 | 68°41,9' | 44°33,9'N |
| 20 | 20.06.2000г. | 42°30,0'N | 37°00,0'W | 3W | 11.29 | 69°50,4' | 42°25,8'N |
| 21 | 21.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°00,0'W | 2W | 12.25 | 70°12,5' | 43°03,7'N |
| 22 | 22.06.2000г. | 43°30,0'N | 36°10,0'W | 2W | 12.26 | 69°50,3' | 43°25,5'N |
| 23 | 23.06.2000г. | 44°00,0'N | 36°20,0'W | 2W | 12.27 | 69°12,6' | 44°02,4'N |
| 24 | 24.06.2000г. | 44°30,0'N | 36°30,0'W | 2W | 12.28 | 68°47,5' | 44°26,2'N |
| 25 | 25.06.2000г. | 42°30,0'N | 36°40,0'W | 3W | 11.29 | 70°40,0' | 42°32,0'N |
| 26 | 26.06.2000г. | 43°00,0'N | 36°50,0'W | 3W | 11.30 | 70°13,9' | 42°56,0'N |
| 27 | 27.06.2000г. | 43°30,0'N | 37°00,0'W | 3W | 11.31 | 69°36,6' | 43°30,8'N |
| 28 | 28.06.2000г. | 44°00,0'N | 37°10,0'W | 3W | 11.32 | 69°07,9' | 43°56,6'N |
| 29 | 29.06.2000г. | 44°30,0'N | 37°20,0'W | 3W | 11.32 | 68°30,7' | 44°30,6'N |
| 30 | 30.06.2000г. | 43°30,0'N | 37°30,0'W | 3W | 11.34 | 69°30,1' | 43°27,5'N |

14.3. Особенности определения места судна по Солнцу в тропиках ($h_{\odot} > 88^{\circ}$)

14.3.1. Общие положения

Достоинство этого частного случая, по сравнению с общим случаем определения места по Солнцу, состоит в том, что от начала до конца он выполняется с минимальной затратой времени.

При таких больших высотах $\lesssim 88^{\circ}$, азимут меняется очень быстро, поэтому достаточно выждать несколько минут, чтобы получить надежное пересечение ВЛП, а малые зенитные расстояния позволяют вычерчивать КРВ прямо на путевой навигационной карте и тем самым вообще исключить расчет A_c , h_c по таблицам высот и азимутов светил («ТВА-57»).

(при $\varphi = 0 \div 20^{\circ}$ и $h = 85^{\circ} \Delta A \approx 3^{\circ}$ за 1 минуту)

Такой случай графического определения места может представиться лишь при плавании в тропическом поясе, ($23^{\circ}N - 0^{\circ} - 23^{\circ}S$) а когда $\varphi \approx \delta_{\odot}$, то днем он является и единственно возможным.

Измерив около полудня 2 или 3 высоты Солнца через $\Delta t = 3 \div 5$ мин., наблюдатель наносит на карту «полюсы освещения» Солнца для моментов измерения по рассчитанным δ_{\odot} и $t_{гр\odot}$. Обычным путем полюсы освещения приводят к одному зениту (времени), высоты исправляются поправками и рассчитывают зенитные расстояния: $Z = 90^{\circ} - \text{Ист. } h$. Радиусами $R = Z$, из соответствующих приведенных «полюсов освещения» проводятся дуги КРВ, пересечение которых определяет искомое место судна.

С точностью до $0,1'$ КРВ изображается на МНК в проекции Меркатора также кругом, если его $R \leq 190'$ ($\varphi = 0^{\circ}$) и $\leq 164'$ ($\varphi = 30^{\circ}$).

С точностью до $0,2'$ это условие справедливо при $R \leq 242'$ ($209'$) соответственно.

Так (графически на МНК) можно решать задачу при $h_{\odot} \geq 87^{\circ}$, но уже при $h_{\odot} = 88,5^{\circ}$ [$Z = 90'$ (миль)] для МНК М 1:750 000 $R = 23$ см (т.е. *тах* раствор циркуля без надставки).

Если φ_c мала, то центр КРВ, изображенного на карте, практически совпадает с изображением его полюса освещения. Чем больше φ_N , тем заметнее происходит сдвиг к N центра циклической кривой относительно «полюса освещения» и этот сдвиг нужно учитывать.

Величина сдвига d (в милях) определяется по формуле:

$$d = \left\{ \frac{1}{2} [D(\delta + 90^{\circ} - h) + D(\delta - 90^{\circ} + h)] - D(\delta) \right\} \cdot \cos \varphi, \quad (14.12)$$

где D – МЧ.

Для $\delta = 23^{\circ}N$, $\varphi \sim 25^{\circ}$, $h = 88^{\circ} \rightarrow d = 0,9'$.

Для $\delta = 58^{\circ}N$, $\varphi \sim 60^{\circ}N$, $H = 88^{\circ} \rightarrow d = 3,5$ мили.

14.3.2 Практическое выполнение способа

21 марта 2000 г. на судне, находящемся без хода в точке с координатами $\varphi_c = 1^{\circ}30,0'N$, $\lambda_c = 87^{\circ}30,0'E$ (Индийский океан) определили место судна по Солнцу, для чего:

1. По формулам:

1. $T_{c\odot k} = T_{m\odot k} (\text{из МАЕ}) \mp \lambda E/W \pm \lambda_{\odot} E/W$ и

2. $H_{\odot \max} = 90^{\circ} - \varphi_c \pm \delta_{\odot} N/S$

рассчитали судовое время (часы на судне поставлены по № 6Е часовому поясу) верхней кульминации Солнца ($T_{c\odot k} \approx 12\text{ч } 17\text{м}$) и значение его меридиональной высоты ($H_{\odot} \approx 88^{\circ}52'$).

2. Измерили (через каждые 5 мин.) высоты нижнего края Солнца, рассчитали их истинные значения ($\text{Ист. } H_{\odot} = OC_{CP} + (i + S) + \Delta h_d + R$) и соответствующие им зенитные расстояния ($Z = 90^{\circ} - \text{Ист. } h$):

$$T_{c1} = 12.15, \text{ Ист. } h_1 = 88^{\circ} 42,0', (Z_1 = 78 \text{ миль})$$

$$T_{C2} = 12.20, \text{Исм. } h_2 = 88^\circ 43,0', (Z_2 = 77 \text{ миль})$$

$$T_{C3} = 12.25, \text{Исм. } h_3 = 87^\circ 50,0', (Z_3 = 130 \text{ миль})$$

3. С помощью МАЕ-2000 рассчитали на время замеров экваториальные координаты Солнца:

$$T_{C1} = 12.15, t_{ГР1} = 271^\circ 57,7'W, \delta_1 = 0^\circ 22,4'N$$

$$T_{C2} = 12.20, t_{ГР2} = 273^\circ 12,8'W, \delta_2 = 0^\circ 22,4'N$$

$$T_{C3} = 12.25, t_{ГР3} = 274^\circ 27,8'W, \delta_3 = 0^\circ 22,5'N$$

4. Рассчитали координаты полюсов освещения Солнца для каждого замера:

$$T_{C1} = 12.15, \varphi_{a1} = \delta_1 = 0^\circ 22,4'N \lambda_{a1} = 360^\circ - t_{ГР1} = 88^\circ 02,3'E$$

$$T_{C2} = 12.20, \varphi_{a2} = \delta_2 = 0^\circ 22,4'N \lambda_{a2} = 360^\circ - t_{ГР2} = 86^\circ 47,2'E$$

$$T_{C3} = 12.25, \varphi_{a3} = \delta_3 = 0^\circ 22,5'N \lambda_{a3} = 360^\circ - t_{ГР3} = 85^\circ 32,2'E$$

5. и нанесли их на путевую карту (см. рис. 14.6).

6. Из мест «полюсов освещения» (a_1, a_2, a_3) радиусами, соответствующими зенитным расстояниям (для « a_1 » – $Z_1 = 78$ миль; для « a_2 » – $Z_2 = 77$ миль; для « a_3 » – $Z_3 = 130$ миль) провели дуги окружности (КРВ) – точка пересечения которых и укажет положение обсервованного места судна (φ_0, λ_0), полученного данным способом.

Примечание:

Если $V_n \neq 0$, то положение полюсов освещения приводят к одному моменту (последнему) обычным графическим способом.

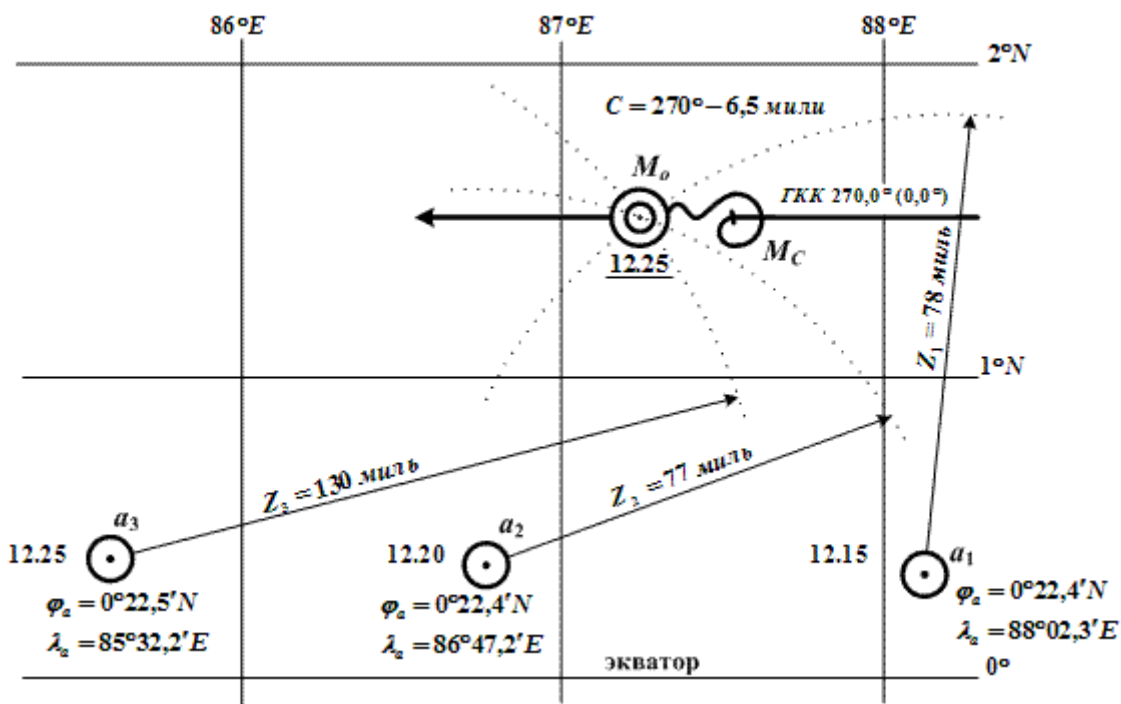


Рис. 14.6. Упрощенный способ определения места судна по Солнцу в тропиках

Выводы

1. Объем вычислений для получения наблюдаемой широты по высоте Полярной звезды много меньше, чем при расчете элементов ВЛП для любого другого светила (нужен только МАЕ текущего года).
2. При отсутствии данных по 2-й ВЛП, место судна по Полярной звезде корректируется только по широте, переносом счислимого места по меридиану на параллель (φ_0), рассчитанную по высоте Полярной.
3. В момент верхней кульминации светила для получения наблюдаемой широты места судна достаточно знать истинную высоту этого светила в данный момент и его склонение.

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

4. При плавании в тропиках, когда высота Солнца превышает 88° можно быстро получить наблюдаемое место, используя координаты полюсов освещения Солнца ($t_{гр\odot}$, δ_{\odot}) и зенитные расстояния ($R = Z = 90^\circ - \text{Ист. } h_{\odot}$).

ГЛОССАРИЙ

К электронному учебнику по практической мореходной астрономии

- Азимут светила** - сферический угол при зените наблюдателя между плоскостью меридиана наблюдателя и вертикалом светила. Измеряется дугой истинного горизонта
- Альbedo Луны** - характеристика отражательной способности Луны
- Альмукантарат** - малый круг, параллельный истинному горизонту наблюдателя
- Аномалистический месяц** - средний промежуток времени между двумя последовательными прохождениями Луны точки апогея или точки перигея
- Апогей** - точка околоземной орбиты небесного тела, обычно Луны или искусственного спутника Земли, наиболее удалённая от центра Земли
- Астрономическая рефракция** - явление искривления лучей света в атмосфере, идущих от светила к наблюдателю
- Астрономические сумерки** - Промежуток времени, в течение которого снижение центра Солнца изменяется в пределах от -12° до -18° (вечер), а также от -18° до -12° (утро). В этот период поверхность Земли еще освещается отраженным от верхних слоев атмосферы светом Солнца
- Атомное время** - время, измеряемое с помощью атомных единиц
- Афелий** - точка орбиты планеты Солнечной системы, наиболее удалённая от центра Солнца
- Блеск звезды** - освещенность в точке наблюдения, которая создается звездой на плоскости, перпендикулярной падающим лучам
- Вертикал (плоскость вертикала)** - плоскость, проходящая через отвесную линию перпендикулярно плоскости истинного горизонта наблюдателя
- Верхнее соединение планеты** - положение планеты за Солнцем
- Видимая высота светила** - измеренная высота светила, исправленная поправкой за наклонение видимого горизонта
- Видимое суточное движение светил** - кажущееся движение светил вследствие вращения Земли (с запада на восток) вокруг своей оси
- Видимый восход (заход) Солнца** - момент появления (восход) или скрытия (заход) верхнего края Солнца
- Возраст Луны** - Промежуток времени (в сутках) от новолуния до данной фазы Луны
- Восход светила** - точка пересечения параллели светила с истинным горизонтом наблюдателя на восточной полусфере
- Восходящий лунный узел** - точка, где Луна переходит через эклиптику, двигаясь к северному полюсу Мира
- Всемирное (гринвичское) время** - промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на гринвичском (нулевом) меридиане до данного момента, выраженный в средних солнечных единицах
- Всемирное координированное время (UTC)** - равномерное время, шкала которого при необходимости сдвигается ровно на 1с относительно международной атомной шкалы времени так, чтобы рассогласование UTC и гринвичского времени оставалось незначительным ($не > 0,7с$)

Вспомогательная небесная сфера (ВНС) - воображаемая сферическая поверхность произвольного радиуса с центром в месте наблюдателя, на поверхность которой проецируются видимые места светил

Вторая экваториальная система сферических координат светил - система сферических координат светил, ориентированная в пространстве относительно оси Мира, в которой за основу берутся:

- плоскость небесного экватора (небесный экватор);
- небесный меридиан точки Овна

Высота светила - 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° .

Высотная линия положения - прямая, перпендикулярная к линии счислимого азимута светила и проходящая через определяющую точку

Географический меридиан - воображаемая линия пересечения поверхности Земли, плоскостью проходящей через географические полюсы Земли

Год - период обращения Земли вокруг Солнца

Горизонтальный экваториальный параллакс светила - параллакс светила при высоте светила 0° (его наибольшее значение)

Горизонтная система сферических координат светил - система сферических координат светил, ориентированная в пространстве относительно отвесной линии

Гражданские сумерки - период суток от момента видимого захода Солнца до момента достижения центром Солнца снижения (отрицательной высоты) величины $h' = -6^\circ$ (вечер), а также от момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -6^\circ$ до момента видимого восхода Солнца (утро)

Гринвичский небесный меридиан - небесный меридиан, являющийся линией пересечения поверхности вспомогательной небесной сферы плоскостью земного Гринвичского меридиана, который делит вспомогательную небесную сферу на два полушария – восточное (от $0^\circ \div 180^\circ E$) и западное (от $0^\circ \div 180^\circ W$)

Гринвичское звездное время - звездное местное время на Гринвичском меридиане

Демаркационная линия времени (линия перемены дат) - условная линия на поверхности Земли, проходящая от полюса до полюса, по разные стороны которой местное время отличается на сутки

Долгота светила - двугранный угол при центре сферы между направлениями на точку Овна и точку пересечения эклиптики с кругом широты светила

Драконический месяц - средний промежуток времени между двумя последовательными прохождением Луны через один и тот же узел (составляет 27 сут 05 ч 05 мин 35,8 сек)

Заход светила - точка пересечения параллели светила с истинным горизонтом наблюдателя на западной полусфере

Звездная величина - класс звезды, в зависимости от её видимого блеска

Звездная карта - изображение в определенных картографических проекциях небесной сферы или отдельных ее участков

Звездное дополнение - дуга небесного экватора от точки Овна до меридиана светила, отсчитываемое в сторону суточного вращения небесной сферы от 0° до 360°

- Звездное местное время** - интервал времени от момента верхней кульминации точки Овна на местном меридиане до данного момента в звездных величинах
- Звездные сутки** - интервал времени между двумя последовательными прохождениями точки Овна через полуденную часть местного меридиана (между двумя последовательными верхними кульминациями точки Овна)
- Звездный глобус** - модель небесной сферы с нанесенными на его поверхность основными созвездиями и звездами, небесным экватором, эклипстикой, небесными меридианами и параллелями
- Звездный каталог** - список звезд с указанием их координат
- Звездный месяц (сидерический месяц)** - продолжительность полного оборота Луны по орбите по отношению к звездам (составляет 27 сут 7 ч 43 мин 11 сек)
- Земная ось** - воображаемая линия, проходящая через центр и географические полюсы Земли
- Земной экватор** - воображаемая линия пересечения плоскости экватора с земной поверхностью
- Зенит** - точка пересечения отвесной линии и вспомогательной небесной сферы над головой наблюдателя
- Зенитное расстояние** - дуга вертикала от зенита до светила, или угол между отвесной линией и направлением на светило. Зенитные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° от зенита к надиру
- Избыточные измерения** - измерения, произведенные сверх необходимых (третий пеленг на третий ориентир при определении места)
- Измеренная высота** - средний отсчет секстана, исправленный поправкой секстана
- Истинные солнечные сутки** - интервал времени между двумя последовательными верхними кульминациями центра видимого диска Солнца на одном и том же меридиане
- Истинный восход (заход) Солнца** - момент прохождения центром Солнца плоскости истинного горизонта наблюдателя
- Истинный горизонт наблюдателя (Плоскость истинного горизонта)** - плоскость, проходящая через место наблюдателя перпендикулярно отвесной линии
- Истинный меридиан наблюдателя** - географический меридиан, проходящий через место наблюдателя
- Колюр равноденствий** - круг широты, проходящий через равноденственные точки (точку Овна и точку Весов)
- Колюр солнцестояний** - круг широты, проходящий через точки солнцестояний (точку Рака и точку Козерога)
- Косвенные навигационные параметры** - навигационные параметры, полученные вычислением из прямых навигационных параметров
- Круг зенитных расстояний** - круг на небесной сфере, соответствующий кругу равных высот, с центром в видимом месте светила и сферическим радиусом, равным зенитному расстоянию светила
- Круг освещения** - круг равных высот, разделяющий поверхность Земли на освещенную и неосвещенную одинаковые части
- Круг равных высот** - малый круг на поверхности Земли, в любой точке которого наблюденное светило имеет в данный конкретный момент времени одну и ту же высоту
- Кульминация светила** - точка пересечения параллели светила с меридианом наблюдателя

- Линия EW** - воображаемая линия, по которой плоскость 1-го вертикала пересекается с плоскостью истинного горизонта. Линия EW соответствует направлениям из места наблюдателя на восток (E) и на запад (W)
- Линия апсид** - линия, соединяющая перигей (перигей) и фокус орбиты
- Линия положения** - отрезок прямой линии, касательный к изолинии вблизи счислимого места судна
- Лунное затмение** - период, когда Луна входит в земную тень
- Лунные узлы** - точки пересечения эклиптики с видимой орбитой Луны
- Лунный месяц (синодический месяц)** - продолжительность полного оборота Луны по орбите по отношению к Солнцу (составляет 29 сут 12 ч 44 мин 03 сек)
- Меридиональная высота светила** - высота светила, расположенного на полуденной части меридиана наблюдателя
- Меридиональное зенитное расстояние** - зенитное расстояние светила, расположенного на полуденной части меридиана наблюдателя
- Местное среднее время** - промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на местном меридиане до данного момента, выраженный в средних солнечных единицах
- Метонов круг (круг Луны)** - период времени, по истечении которого все фазы Луны начинают повторяться снова в прежние дни года (составляет 235 синодических оборотов Луны)
- Мореходная астрономия (морская астронавигация)** - часть практической астрономии, рассматривающая ориентировку по небесным светилам во времени, по месту и направлению при движении на море
- Мореходные таблицы («МТ-33», «МТ-43», «МТ-53», «МТ-63», «МТ-75», «МТ-2000»)** - сборник различных таблиц, необходимых для решения навигационных и астрономических задач
- Морской астрономический ежегодник («МАЕ»)** - ежегодно издаваемый сборник таблиц предварительно вычисленных координат небесных светил и некоторых других астрономических данных
- Навигационная изолиния** - линия на земной поверхности, каждая точка которой соответствует одному и тому же значению навигационного параметра
- Навигационная информация** - комплекс сведений, определяющий положение судна на местности (в море) и его элементы движения
- Навигационные звезды** - наиболее яркие звезды, которые используются при определении места судна
- Навигационные планеты** - планеты, хорошо доступные для их визуального наблюдения (Венера, Марс, Юпитер, Сатурн)
- Навигационные сумерки** - период суток от момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -6^\circ$ до момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -12^\circ$ (вечер), а также от момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -12^\circ$ до момента достижения центром Солнца снижения величины $h' = -6^\circ$ (утро), в который одновременно наблюдаются (при отсутствии облачности и при хорошей видимости) и линия горизонта, и навигационные звезды
- Навигационный параметр** - совокупность величин, характеризующих место судна и его перемещение в заданной системе координат

- Надир** - точка пересечения отвесной линии и вспомогательной небесной сферы, диаметрально противоположная зениту
- Наклонение видимого горизонта** - угол между плоскостью истинного горизонта и направлением на видимый горизонт
- Наклономер** - прибор для измерения наклона видимого горизонта
- Не восходящее светило** - светило, параллель которого не достигает истинного горизонта наблюдателя даже в момент своей верхней кульминации и невидимо для наблюдателя, в течение всего времени
- Небесная параллель** - малый круг, параллельный небесному экватору. По небесным параллелям в суточном вращении вспомогательной небесной сферы движутся небесные светила
- Небесный меридиан** - большой круг небесной сферы, плоскость которого проходит через отвесную линию и ось Мира
- Небесный меридиан наблюдателя** - небесный меридиан, проходящий через место наблюдателя (его «зенит» и «надир»)
- Небесный меридиан светила** - Небесный меридиан, проходящий через видимое место светила
- Небесный экватор** - плоскость, образованная пересечением мысленно продолженной плоскости экватора Земли с поверхностью вспомогательной небесной сферы
- Незаходящее светило** - светило, параллель которого целиком расположена выше горизонта наблюдателя
- Необходимые измерения** - измерения, число которых является наименьшим для определения искомой величины (два пеленга на два навигационных ориентира для определения места судна в море)
- Неравноточные измерения** - измерения, производимые различными инструментами (приборами), в разных условиях, разным числом приемов или наблюдателями разной квалификации
- Нижнее соединение планеты** - положение планеты между Землей и Солнцем
- Нисходящий лунный узел** - точка, где Луна переходит эклиптику, двигаясь к южному полюсу Мира
- Нутация земной оси** - происходящее одновременно с прецессией движение, при котором изменяется угол между осью собственного вращения Земли и осью, вокруг которой происходит прецессия
- Обсервованное место судна** - точка пересечения линий положения
- Ось Мира** - диаметр вспомогательной небесной сферы, совпадающий с осью вращения Земли
- Отвесная линия** - воображаемая линия, проходящая через центр Земли и место наблюдателя
- Параллакс** - угол, под которым со светила усматривается радиус Земли, отвечающий месту наблюдателя
- Параллактический (полярный) треугольник светила** - сферический треугольник, вершинами которого являются повышенный полюс Мира, зенит наблюдателя и место (его проекция на вспомогательную небесную сферу) светила, и который связывает небесные координаты – горизонтные и экваториальные – с географическими координатами наблюдателя

Первая экваториальная система сферических координат светил - система сферических координат светил, ориентированная в пространстве относительно оси Мира, в которой за основу берутся:

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

Перенос высотной линии положения - расстояние от счислимого места до круга равных высот, соответствующего истинной высоте светила

Перигей - ближайшая к Земле точка околоземной орбиты небесного тела, обычно Луны или искусственного спутника Земли

Перигелий - ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты Солнечной системы

Плоскость 1-го вертикала - вертикальная плоскость перпендикулярная и плоскости истинного горизонта наблюдателя, и плоскости истинного меридиана наблюдателя

Плоскость земного экватора - плоскость проходящая через центр Земли перпендикулярно земной оси

Повышенный полюс Мира - полюс Мира, находящийся над истинным горизонтом наблюдателя

Полуденная линия - воображаемая линия NS , по которой плоскость истинного горизонта пересекается с плоскостью истинного меридиана наблюдателя. Полуденная линия соответствует направлениям из места наблюдателя на север (N) и юг (S)

Полюс Мира - точка пересечения оси Мира со вспомогательной небесной сферой

Полюс освещения - проекция видимого места светила на земную поверхность

Полярное расстояние - дуга меридиана от северного полюса Мира до места светила, или угол между осью Мира и направлением на светило. Полярные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° от северного полюса мира к южному

Пониженный полюс Мира - полюс Мира, находящийся под истинным горизонтом наблюдателя

Поправка измерителя времени - разность (часы, минуты, секунды) между Всемирным (гринвичским) временем ($T_{ГР}$) и показанием данного измерителя времени (T) в один и тот же момент

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

Поправка секстана - суммарное значение поправки индекса секстана и его инструментальной поправки

Пояс Зодиака - пояс созвездий, через которые проходит видимый годовой путь Солнца

Поясное время - местное среднее время осевого меридиана часового пояса, распространенное на территории всего пояса

Практический часовой угол светила - 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°

Прецессия земной оси - перемещение земной оси в пространстве под влиянием гравитационного воздействия Луны, и Солнца. Плоскость эклиптики своего положения не изменяет. Изменяется лишь плоскость экватора

Противостояние планеты - положение планеты в точке, когда Земля находится между планетой и Солнцем

Прямое восхождение светила - 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 (в сторону фактического вращения Земли вокруг своей оси)

Прямые навигационные параметры - непосредственно измеренные навигационные параметры

Равноточные измерения - измерения, произведенные одним и тем же, одинаковым по точности инструментом (прибором), одним и тем же приемом, одним и тем же наблюдателем и в одинаковых условиях

Референц эллипсоид - принятая за основу форма земного эллипсоида в стране (группе стран), наиболее близко совпадающая с геоидом на территории данной страны

Сарос - период полного поворота лунной орбиты (составляет 18 лет 11 $\frac{1}{3}$ сут)

Светлое время суток - промежуток времени от видимого восхода Солнца до видимого его захода

Секстан навигационный - ручной оптический прибор, предназначенный для измерения:

- высот светил над видимым морским горизонтом;
- горизонтальных углов между двумя ориентирами с целью определения места;
- вертикального угла ориентира

Склонение светила - 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°

Сличение - разность одновременных показаний хронометра (часов), поправка которого (которых) известна, и рабочих часов, поправку которых требуется определить

Снижение светила - отрицательная высота светила, находящегося под горизонтом

Созвездия - условные группы звезд, выделенные для облегчения изучения звездного неба

Солнечное затмение - покрытие Луной Солнца (Земля находится в лунной тени)

Среднее солнечное время - число средних часов, минут и секунд, протекших от начала средних суток до данного физического момента

Среднее Солнце - фиктивная точка, движущаяся по небесному экватору (а не по эклиптике) с постоянной скоростью

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

Судовое время - поясное время того часового пояса, по которому установлены морские часы на судне

Сумерки - период суток, в течение которого поверхность Земли освещается солнечным светом, рассеянным и отраженным верхними слоями атмосферы

Сутки - природный период вращения Земли вокруг своей оси

Суточный ход хронометра (часов) - величина изменения поправки хронометра (часов) ровно за одни сутки

Таблицы высот и азимутов светил («ТВА-52», «ТВА-57», «ВАС-58») - предварительно рассчитанные таблицы для определения горизонтных координат светил

Таблицы истинных пеленгов светил («ТИПС-56») - сборник таблиц для определения поправки компаса

- Топоцентрическая высота светила** - видимая высота светила, исправленная поправкой за астрономическую рефракцию
- Точка весеннего равноденствия** - точка, в которой Солнце, в результате своего годового движения, переходит из южного полушария небесной сферы в северное
- Точка зимнего солнцестояния** - точка эклиптики, отстоящая от точек равноденствия на 90° в южном полушарии
- Точка летнего солнцестояния** - точка эклиптики, отстоящая от точек равноденствия на 90° в северном полушарии
- Точка Овна** - точка пересечения небесного экватора и эклиптики
- Точка осеннего равноденствия** - точка, в которой Солнце, в результате своего годового движения, переходит из северного полушария небесной сферы в южное
- Тропик Козерога** - крайняя южная параллель, описываемая Солнцем при годовом движении
- Тропик Рака** - крайняя северная параллель, описываемая Солнцем при годовом движении
- Тропический год** - промежуток времени между двумя последовательными прохождениями среднего Солнца точки Овна
- Часовой угол светила** - сферический угол при повышенном полюсе Мира между полуденной частью небесного меридиана наблюдателя (принятого за начальный) и меридианом 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°
- Широта светила** - двухгранный угол при центре сферы между плоскостью эклиптики и направлением на светило
- Эклиптика** - проекция на небесную сферу годового пути Солнца
- Эклиптическая система координат светил** - система координат светил, ориентированная в пространстве относительно оси эклиптики
- Элонгация планеты** - положение планеты в точках, в которых она имеет наибольшее угловое отстояние от Солнца
- Эпакта года** - возраст Луны в начале любого года
- Эфемеридное время** - система измерения времени, в которой длительность единицы времени постоянна и равна эфемеридной секунде в формулировке, указанной XI конференцией 1960 г
- Эфемериды** - таблицы предвычисленных небесных координат Солнца, Луны, планет и других астрономических объектов на последовательные моменты времени.

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ТАБЛИЦЫ МАЕ-2000

с. 126÷147 МАЕ

(выдержки)

| T _{ГР} ч. | Т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 1 июня (четверг) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 249°46,9' | 180°33,4' | N 22°03,9' | 183°31,3' | N 21°19,8' | 171°15,5' | N 23°40,7' | 201°08,2' | +7,6' | N 13°09,7' | +10,9' |
| 2 | 279°51,8' | 210°33,2' | 22°04,5' | 213°29,8' | 21°21,0' | 201°16,7' | 23°41,0' | 230°01,3' | +7,4' | 13°31,4' | +10,8' |
| 4 | 309°56,8' | 240°33,0' | 22°05,2' | 243°28,2' | 21°22,2' | 231°17,9' | 23°41,3' | 258°53,9' | +7,2' | 13°52,9' | +10,6' |
| 5 | 324°59,2' | 255°32,9' | 22°05,5' | 258°27,4' | 21°22,8' | 246°18,5' | 23°41,4' | 273°20,2' | +7,1' | 14°03,5' | +10,5' |
| 7 | 355°04,2' | 285°32,7' | 22°06,2' | 288°25,9' | 21°23,9' | 276°19,7' | 23°41,7' | 302°12,3' | +6,9' | 14°24,4' | +10,4' |
| 8 | 10°06,6' | 300°32,6' | 22°06,5' | 303°25,1' | 21°24,5' | 291°20,3' | 23°41,9' | 316°38,2' | +6,8' | 14°34,8' | +10,3' |
| 9 | 25°09,1' | 315°32,5' | 22°06,9' | 318°24,3' | 21°25,1' | 306°21,0' | 23°42,0' | 331°04,1' | +6,8' | 14°45,1' | +10,2' |
| 10 | 40°11,6' | 330°32,4' | 22°07,2' | 333°23,5' | 21°25,7' | 321°21,6' | 23°42,2' | 345°29,8' | +6,7' | 14°55,3' | +10,1' |
| 11 | 55°14,0' | 345°32,3' | 22°07,5' | 348°22,8' | 21°26,2' | 336°22,2' | 23°42,3' | 359°55,5' | +6,6' | 15°05,4' | +10,0' |
| 12 | 70°16,5' | 0°32,2' | 22°07,9' | 3°22,0' | 21°26,8' | 351°22,8' | 23°42,5' | 14°21,1' | +6,5' | 15°15,4' | +9,9' |
| 15 | 115°23,9' | 45°31,9' | 22°08,9' | 48°19,6' | 21°28,5' | 36°24,6' | 23°42,9' | 57°37,3' | +6,2' | 15°44,9' | +9,6' |
| 17 | 145°28,8' | 75°31,8' | 22°09,5' | 78°18,1' | 21°29,7' | 66°25,8' | 23°43,2' | 86°27,6' | +6,0' | 16°04,0' | +9,5' |
| 18 | 160°31,3' | 90°31,7' | 22°09,8' | 93°17,3' | 21°30,2' | 81°26,5' | 23°43,4' | 100°52,7' | +6,0' | 16°13,5' | +9,3' |
| 21 | 205°38,7' | 135°31,4' | 22°10,8' | 138°14,9' | 21°31,9' | 126°28,3' | 23°43,8' | 144°07,3' | +5,7' | 16°41,1' | +9,1' |
| 22 | 220°41,1' | 150°31,3' | 22°11,1' | 153°14,2' | 21°32,5' | 141°28,9' | 23°44,0' | 158°31,9' | +5,6' | 16°50,2' | +8,9' |
| 2 июня (пятница) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 250°46,1' | 180°31,1' | N 22°11,8' | 183°12,6' | N 21°33,6' | 171°30,1' | N 23°44,3' | 187°21,1' | +5,4' | N 17°07,9' | +8,6' |
| 2 | 280°51,0' | 210°30,8' | 22°12,4' | 213°11,0' | 21°34,8' | 201°31,3' | 23°44,6' | 216°09,9' | +5,3' | 17°25,1' | +8,5' |
| 4 | 310°55,9' | 240°30,6' | 22°13,1' | 243°09,4' | 21°35,9' | 231°32,6' | 23°44,8' | 244°58,3' | +5,1' | 17°41,9' | +8,2' |
| 5 | 325°58,4' | 255°30,5' | 22°13,4' | 258°08,7' | 21°36,4' | 246°33,2' | 23°45,0' | 259°22,4' | +5,0' | 17°50,1' | +8,1' |
| 7 | 356°03,3' | 285°30,3' | 22°14,0' | 288°07,1' | 21°37,6' | 276°34,4' | 23°45,3' | 288°10,4' | +4,9' | 18°06,2' | +7,9' |
| 8 | 11°05,8' | 300°30,2' | 22°14,3' | 303°06,3' | 21°38,1' | 291°35,0' | 23°45,4' | 302°34,3' | +4,8' | 18°14,1' | +7,7' |
| 9 | 26°08,2' | 315°30,1' | 22°14,7' | 318°05,5' | 21°38,7' | 306°35,6' | 23°45,6' | 316°58,1' | +4,7' | 18°21,8' | +7,6' |
| 10 | 41°10,7' | 330°30,0' | 22°15,0' | 333°04,7' | 21°39,2' | 321°36,2' | 23°45,7' | 331°21,8' | +4,6' | 18°29,4' | +7,5' |
| 11 | 56°13,2' | 345°29,9' | 22°15,3' | 348°03,9' | 21°39,8' | 336°36,8' | 23°45,8' | 345°45,4' | +4,6' | 18°36,9' | +7,3' |
| 12 | 71°15,6' | 0°29,8' | 22°15,6' | 3°03,1' | 21°40,3' | 351°37,4' | 23°46,0' | 0°09,0' | +4,5' | 18°44,2' | +7,2' |
| 15 | 116°23,0' | 45°29,5' | 22°16,5' | 48°00,8' | 21°42,0' | 36°39,3' | 23°46,4' | 43°19,3' | +4,3' | 19°05,5' | +6,8' |
| 17 | 146°28,0' | 75°29,3' | 22°17,2' | 77°59,2' | 21°43,1' | 66°40,5' | 23°46,7' | 72°05,8' | +4,1' | 19°18,9' | +6,6' |
| 18 | 161°30,4' | 90°29,2' | 22°17,5' | 92°58,4' | 21°43,6' | 81°41,1' | 23°46,8' | 86°28,9' | +4,1' | 19°25,5' | +6,4' |
| 21 | 206°37,8' | 135°28,9' | 22°18,4' | 137°56,0' | 21°45,2' | 126°43,0' | 23°47,2' | 129°38,0' | +3,9' | 19°44,3' | +6,0' |
| 22 | 221°40,3' | 150°28,8' | 22°18,7' | 152°55,2' | 21°45,8' | 141°43,6' | 23°47,4' | 144°00,9' | +3,8' | 19°50,3' | +5,8' |
| 3 июня (суббота) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 251°45,2' | 180°28,6' | N 22°19,3' | 182°53,6' | N 21°46,9' | 171°44,8' | N 23°47,7' | 172°46,5' | +3,7' | N 20°01,8' | +5,5' |
| 2 | 281°50,1' | 210°28,4' | 22°19,9' | 212°52,0' | 21°47,9' | 201°46,0' | 23°47,9' | 201°31,9' | +3,6' | 20°12,7' | +5,3' |
| 4 | 311°55,1' | 240°28,2' | 22°20,5' | 242°50,0' | 21°49,0' | 231°47,2' | 23°48,2' | 230°17,1' | +3,5' | 20°23,1' | +4,9' |
| 5 | 326°57,5' | 255°28,1' | 22°20,8' | 257°49,6' | 21°49,5' | 246°47,8' | 23°48,3' | 244°39,6' | +3,5' | 20°28,0' | +4,8' |
| 7 | 357°02,4' | 285°27,9' | 22°21,4' | 287°48,1' | 21°50,6' | 276°49,1' | 23°48,6' | 273°24,5' | +3,4' | 20°37,5' | +4,5' |
| 8 | 12°04,9' | 300°27,8' | 22°21,8' | 302°47,3' | 21°51,1' | 291°49,7' | 23°48,7' | 287°46,9' | +3,3' | 20°42,0' | +4,3' |
| 9 | 27°07,4' | 315°27,7' | 22°22,1' | 317°46,5' | 21°51,6' | 306°50,3' | 23°48,9' | 302°09,2' | +3,3' | 20°46,3' | +4,2' |
| 10 | 42°09,8' | 330°27,5' | 22°22,4' | 332°45,7' | 21°52,2' | 321°50,9' | 23°49,0' | 316°31,5' | +3,3' | 20°50,5' | +4,0' |
| 11 | 57°12,3' | 345°27,4' | 22°22,6' | 347°44,9' | 21°52,7' | 336°51,5' | 23°49,1' | 330°53,8' | +3,2' | 20°54,5' | +3,9' |
| 12 | 72°14,8' | 0°27,3' | 22°22,9' | 2°44,1' | 21°53,2' | 351°52,1' | 23°49,3' | 345°16,0' | +3,2' | 20°58,4' | +3,7' |
| 15 | 117°22,2' | 45°27,0' | 22°23,8' | 47°41,7' | 21°54,8' | 36°54,0' | 23°49,7' | 28°22,5' | +3,1' | 21°09,0' | +3,3' |
| 17 | 147°27,1' | 75°26,8' | 22°24,4' | 77°40,1' | 21°55,8' | 66°55,2' | 23°49,9' | 57°06,7' | +3,1' | 21°15,4' | +2,9' |
| 18 | 162°29,6' | 90°26,7' | 22°24,7' | 92°39,3' | 21°56,4' | 81°55,8' | 23°50,1' | 71°28,8' | +3,0' | 21°18,3' | +2,7' |
| 21 | 207°36,9' | 135°26,4' | 22°25,6' | 137°36,9' | 21°57,9' | 126°57,6' | 23°50,4' | 114°34,8' | +3,0' | 21°26,1' | +2,2' |
| 22 | 222°39,4' | 150°26,3' | 22°25,9' | 152°36,1' | 21°58,4' | 141°58,2' | 23°50,6' | 128°56,8' | +3,0' | 21°28,3' | +2,1' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,9' | +0,3' | +0,2' | +0,5' | +1,6' | +0,1' | 16,5' | 60,7' | | |

| T _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|-------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 4 июня (воскресенье) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 252°44,3' | 180°26,1' | N 22°26,5' | 182°34,4' | N 21°59,5' | 171°59,5' | N 23°50,8' | 157°40,7' | +3,0' | N 21°32,4' | +1,8' |
| 2 | 282°49,3' | 210°25,8' | 22°27,0' | 212°32,8' | 22°00,5' | 202°00,7' | 23°51,1' | 186°24,6' | +2,9' | 21°35,8' | +1,4' |
| 4 | 312°54,2' | 240°25,6' | 22°27,6' | 242°31,2' | 22°01,5' | 232°01,9' | 23°51,3' | 215°08,5' | +2,9' | 21°38,5' | +1,2' |
| 5 | 327°56,7' | 255°25,5' | 22°27,9' | 257°30,4' | 22°02,0' | 247°02,5' | 23°51,5' | 229°30,5' | +2,9' | 21°39,7' | +0,9' |
| 7 | 358°01,6' | 285°25,3' | 22°28,5' | 287°28,8' | 22°03,0' | 277°03,7' | 23°51,7' | 258°14,4' | +3,0' | 21°41,4' | +0,7' |
| 8 | 13°04,1' | 300°25,2' | 22°28,8' | 302°28,0' | 22°03,5' | 292°04,4' | 23°51,8' | 272°36,3' | +3,0' | 21°42,1' | +0,4' |
| 9 | 28°06,5' | 315°25,1' | 22°29,1' | 317°27,2' | 22°04,0' | 307°05,0' | 23°52,0' | 286°58,3' | +3,0' | 21°42,5' | +0,3' |
| 10 | 43°09,0' | 330°25,0' | 22°29,3' | 332°26,4' | 22°04,5' | 322°05,6' | 23°52,1' | 301°20,3' | +3,0' | 21°42,8' | +0,2' |
| 11 | 58°11,4' | 345°24,9' | 22°29,6' | 347°25,6' | 22°05,0' | 337°06,2' | 23°52,2' | 315°42,3' | +3,0' | 21°43,0' | 0' |
| 12 | 73°13,9' | 0°24,8' | 22°29,9' | 2°24,8' | 22°05,5' | 352°06,8' | 23°52,3' | 330°04,3' | +3,0' | 21°43,0' | -0,2' |
| 15 | 118°21,3' | 45°24,4' | 22°30,7' | 47°22,3' | 22°07,0' | 37°08,6' | 23°52,7' | 13°10,5' | +3,1' | 21°41,9' | -0,6' |
| 17 | 148°26,2' | 75°24,2' | 22°31,3' | 77°20,7' | 22°08,0' | 67°09,9' | 23°53,0' | 41°54,7' | +3,2' | 21°40,4' | -1,0' |
| 18 | 163°28,7' | 90°24,1' | 22°31,6' | 92°19,9' | 22°08,5' | 82°10,5' | 23°53,1' | 56°16,8' | +3,2' | 21°39,4' | -1,1' |
| 21 | 208°36,1' | 135°23,8' | 22°32,4' | 137°17,5' | 22°10,0' | 127°12,3' | 23°53,4' | 99°23,5' | +3,3' | 21°35,5' | -1,6' |
| 22 | 223°38,6' | 150°23,7' | 22°32,7' | 152°16,7' | 22°10,5' | 142°12,9' | 23°53,6' | 113°45,8' | +3,3' | 21°33,9' | -1,8' |
| 5 июня (понедельник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 253°43,5' | 180°23,4' | N 22°33,2' | 182°15,0' | N 22°11,4' | 172°14,1' | N 23°53,8' | 142°30,5' | +3,4' | N 21°30,1' | -2,1' |
| 2 | 283°48,4' | 210°23,2' | 22°33,8' | 212°13,4' | 22°12,4' | 202°15,4' | 23°54,0' | 171°15,4' | +3,5' | 21°25,7' | -2,4' |
| 4 | 313°53,3' | 240°23,0' | 22°34,3' | 242°11,8' | 22°13,4' | 232°16,6' | 23°54,3' | 200°00,5' | +3,6' | 21°20,7' | -2,7' |
| 5 | 328°55,8' | 255°22,9' | 22°34,6' | 257°11,0' | 22°13,9' | 247°17,2' | 23°54,4' | 214°23,1' | +3,7' | 21°18,0' | -2,9' |
| 7 | 359°00,7' | 285°22,6' | 22°35,1' | 287°09,3' | 22°14,8' | 277°18,4' | 23°54,6' | 243°08,5' | +3,8' | 21°12,1' | -3,2' |
| 8 | 14°03,2' | 300°22,5' | 22°35,4' | 302°08,5' | 22°15,3' | 292°19,0' | 23°54,7' | 257°31,2' | +3,8' | 21°08,9' | -3,4' |
| 9 | 29°05,7' | 315°22,4' | 22°35,7' | 317°07,7' | 22°15,8' | 307°19,7' | 23°54,8' | 271°54,1' | +3,9' | 21°05,5' | -3,4' |
| 10 | 44°08,1' | 330°22,3' | 22°35,9' | 332°06,9' | 22°16,2' | 322°20,3' | 23°55,0' | 286°17,0' | +4,0' | 21°02,1' | -3,7' |
| 11 | 59°10,6' | 345°22,2' | 22°36,2' | 347°06,1' | 22°16,7' | 337°20,9' | 23°55,1' | 300°39,9' | +4,0' | 20°58,4' | -3,8' |
| 12 | 74°13,1' | 0°22,1' | 22°36,5' | 2°05,2' | 22°17,2' | 352°21,5' | 23°55,2' | 315°02,9' | +4,1' | 20°54,6' | -3,9' |
| 15 | 119°20,4' | 45°21,7' | 22°37,2' | 47°02,8' | 22°18,6' | 37°23,3' | 23°55,5' | 358°12,4' | +4,3' | 20°42,4' | -4,4' |
| 17 | 149°25,4' | 75°21,5' | 22°37,8' | 77°01,1' | 22°19,5' | 67°24,6' | 23°55,8' | 26°59,1' | +4,4' | 20°33,5' | -4,7' |
| 18 | 164°27,8' | 90°21,4' | 22°38,0' | 92°00,3' | 22°20,0' | 82°25,2' | 23°55,9' | 41°22,5' | +4,5' | 20°28,8' | -4,8' |
| 21 | 209°35,2' | 135°21,1' | 22°38,8' | 136°57,9' | 22°21,4' | 127°27,0' | 23°56,2' | 84°33,2' | +4,7' | 20°14,0' | -5,2' |
| 22 | 224°37,7' | 150°20,9' | 22°39,1' | 151°57,0' | 22°21,9' | 142°27,6' | 23°56,3' | 98°57,0' | +4,8' | 20°08,8' | -5,4' |
| 6 июня (вторник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 254°42,6' | 180°20,7' | N 22°39,6' | 181°55,4' | N 22°22,8' | 172°28,8' | N 23°56,5' | 127°44,7' | +5,0' | N 19°57,9' | -5,6' |
| 2 | 284°47,6' | 210°20,5' | 22°40,1' | 211°53,8' | 22°23,7' | 202°30,1' | 23°56,8' | 156°32,7' | +5,1' | 19°46,6' | -5,9' |
| 4 | 314°52,5' | 240°20,3' | 22°40,6' | 241°52,1' | 22°24,6' | 232°31,3' | 23°57,0' | 185°21,1' | +5,3' | 19°34,7' | -6,2' |
| 5 | 329°54,9' | 255°20,1' | 22°40,9' | 256°51,3' | 22°25,1' | 247°31,9' | 23°57,1' | 199°45,4' | +5,4' | 19°28,5' | -6,2' |
| 7 | 359°59,9' | 285°19,9' | 22°41,4' | 286°49,6' | 22°26,0' | 277°33,1' | 23°57,3' | 228°34,2' | +5,6' | 19°15,9' | -6,5' |
| 8 | 15°02,3' | 300°19,8' | 22°41,6' | 301°48,8' | 22°26,4' | 292°33,7' | 23°57,4' | 242°58,8' | +5,7' | 19°09,4' | -6,7' |
| 9 | 30°04,8' | 315°19,7' | 22°41,9' | 316°48,0' | 22°26,9' | 307°34,4' | 23°57,5' | 257°23,5' | +5,7' | 19°02,7' | -6,7' |
| 10 | 45°07,3' | 330°19,6' | 22°42,1' | 331°47,2' | 22°27,3' | 322°35,0' | 23°57,6' | 271°48,2' | +5,8' | 18°56,0' | -6,9' |
| 11 | 60°09,7' | 345°19,5' | 22°42,4' | 346°46,3' | 22°27,8' | 337°35,6' | 23°57,7' | 286°13,0' | +5,9' | 18°49,1' | -7,0' |
| 12 | 75°12,2' | 0°19,3' | 22°42,6' | 1°45,5' | 22°28,2' | 352°36,2' | 23°57,8' | 300°37,9' | +6,0' | 18°42,1' | -7,1' |
| 15 | 120°19,6' | 45°19,0' | 22°43,4' | 46°43,0' | 22°29,6' | 37°38,0' | 23°58,2' | 343°53,3' | +6,3' | 18°20,4' | -7,5' |
| 17 | 150°24,5' | 75°18,8' | 22°43,8' | 76°41,4' | 22°30,5' | 67°39,3' | 23°58,4' | 12°43,9' | +6,5' | 18°05,4' | -7,7' |
| 18 | 165°27,0' | 90°18,6' | 22°44,1' | 91°40,5' | 22°30,9' | 82°39,9' | 23°58,5' | 27°09,4' | +6,6' | 17°57,7' | -7,8' |
| 21 | 210°34,4' | 135°18,3' | 22°44,8' | 136°38,1' | 22°32,2' | 127°41,7' | 23°58,8' | 70°26,4' | +6,8' | 17°34,0' | -8,1' |
| 22 | 225°36,8' | 150°18,2' | 22°45,1' | 151°37,2' | 22°32,6' | 142°42,3' | 23°58,9' | 84°52,2' | +6,9' | 17°25,9' | -8,2' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,9' | +0,2' | +0,2' | +0,4' | +1,6' | +0,1' | 16,4' | 60,2' | | |

| T _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 7 июня (среда) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 255°41,8' | 180°17,9' | N 22°45,5' | 181°35,6' | N 22°33,5' | 172°43,6' | N 23°59,1' | 113°44,2' | +7,2' | N 17°09,4' | -8,4' |
| 2 | 285°46,7' | 210°17,7' | 22°46,0' | 211°33,9' | 22°34,4' | 202°44,8' | 23°59,3' | 142°36,6' | +7,3' | 16°52,5' | -8,6' |
| 4 | 315°51,6' | 240°17,5' | 22°46,5' | 241°32,2' | 22°35,2' | 232°46,0' | 23°59,5' | 171°29,3' | +7,5' | 16°35,3' | -8,8' |
| 5 | 330°54,1' | 255°17,4' | 22°46,7' | 256°31,4' | 22°35,7' | 247°46,6' | 23°59,6' | 185°55,8' | +7,6' | 16°26,5' | -8,9' |
| 7 | 0°59,0' | 285°17,1' | 22°47,2' | 286°29,7' | 22°36,5' | 277°47,9' | 23°59,8' | 214°49,2' | +7,8' | 16°08,6' | -9,0' |
| 8 | 16°01,5' | 300°17,0' | 22°47,4' | 301°28,9' | 22°36,9' | 292°48,5' | 23°59,9' | 229°16,0' | +7,9' | 15°59,6' | -9,2' |
| 9 | 31°03,9' | 315°16,9' | 22°47,7' | 316°28,1' | 22°37,4' | 307°49,1' | 24°00,0' | 243°42,8' | +8,0' | 15°50,4' | -9,2' |
| 10 | 46°06,4' | 330°16,8' | 22°47,9' | 331°27,3' | 22°37,8' | 322°49,7' | 24°00,1' | 258°09,8' | +8,1' | 15°41,2' | -9,3' |
| 11 | 61°08,9' | 345°16,6' | 22°48,1' | 346°26,4' | 22°38,2' | 337°50,3' | 24°00,2' | 272°36,9' | +8,2' | 15°31,9' | -9,4' |
| 12 | 76°11,3' | 0°16,5' | 22°48,4' | 1°25,6' | 22°38,6' | 352°50,9' | 24°00,3' | 287°04,1' | +8,3' | 15°22,5' | -9,5' |
| 15 | 121°18,7' | 45°16,2' | 22°49,1' | 46°23,1' | 22°39,9' | 37°52,8' | 24°00,6' | 330°26,2' | +8,5' | 14°53,8' | -9,7' |
| 17 | 151°23,7' | 75°15,9' | 22°49,5' | 76°21,4' | 22°40,7' | 67°54,0' | 24°00,7' | 359°21,4' | +8,7' | 14°34,4' | -9,9' |
| 18 | 166°26,1' | 90°15,8' | 22°49,8' | 91°20,6' | 22°41,1' | 82°54,6' | 24°00,8' | 13°49,1' | +8,8' | 14°24,5' | -9,9' |
| 21 | 211°33,5' | 135°15,5' | 22°50,4' | 136°18,1' | 22°42,4' | 127°56,5' | 24°01,1' | 57°12,9' | +9,1' | 13°54,5' | -10,2' |
| 22 | 226°36,0' | 150°15,3' | 22°50,7' | 151°17,2' | 22°42,8' | 142°57,1' | 24°01,2' | 71°41,0' | +9,2' | 13°44,3' | -10,2' |
| 8 июня (четверг) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 256°40,9' | 180°15,1' | N 22°51,1' | 181°15,5' | N 22°43,6' | 172°58,3' | N 24°01,4' | 100°37,4' | +9,4' | N 13°23,9' | -10,4' |
| 2 | 286°45,8' | 210°14,9' | 22°51,5' | 211°13,9' | 22°44,4' | 202°59,5' | 24°01,6' | 129°34,2' | +9,5' | 13°03,1' | -10,4' |
| 4 | 316°50,8' | 240°14,6' | 22°52,0' | 241°12,2' | 22°45,2' | 233°00,7' | 24°01,8' | 158°31,4' | +9,7' | 12°42,1' | -10,5' |
| 5 | 331°53,2' | 255°14,5' | 22°52,2' | 256°11,3' | 22°45,6' | 248°01,4' | 24°01,9' | 173°00,1' | +9,8' | 12°31,6' | -10,7' |
| 7 | 1°58,2' | 285°14,3' | 22°52,6' | 286°09,7' | 22°46,4' | 278°02,6' | 24°02,0' | 201°57,8' | +10,0' | 12°10,2' | -10,7' |
| 8 | 17°00,6' | 300°14,1' | 22°52,9' | 301°08,8' | 22°46,8' | 293°03,2' | 24°02,1' | 216°26,8' | +10,1' | 11°59,5' | -10,8' |
| 9 | 32°03,1' | 315°14,0' | 22°53,1' | 316°08,0' | 22°47,2' | 308°03,8' | 24°02,2' | 230°55,9' | +10,1' | 11°48,7' | -10,9' |
| 10 | 47°05,5' | 330°13,9' | 22°53,3' | 331°07,1' | 22°47,6' | 323°04,4' | 24°02,3' | 245°25,0' | +10,2' | 11°37,8' | -10,9' |
| 11 | 62°08,0' | 345°13,8' | 22°53,5' | 346°06,3' | 22°48,0' | 338°05,0' | 24°02,4' | 259°54,2' | +10,3' | 11°26,9' | -11,0' |
| 12 | 77°10,5' | 0°13,6' | 22°53,7' | 1°05,5' | 22°48,4' | 353°05,7' | 24°02,5' | 274°23,5' | +10,4' | 11°15,9' | -11,0' |
| 15 | 122°17,9' | 45°13,3' | 22°54,4' | 46°02,9' | 22°49,6' | 38°07,5' | 24°02,7' | 317°51,9' | +10,6' | 10°42,8' | -11,1' |
| 17 | 152°22,8' | 75°13,0' | 22°54,8' | 76°01,2' | 22°50,3' | 68°08,7' | 24°02,9' | 346°51,2' | +10,8' | 10°20,5' | -11,3' |
| 18 | 167°25,3' | 90°12,9' | 22°55,0' | 91°00,4' | 22°50,7' | 83°09,3' | 24°03,0' | 1°21,0' | +10,9' | 10°09,2' | -11,2' |
| 21 | 212°32,6' | 135°12,6' | 22°55,6' | 135°57,9' | 22°51,9' | 128°11,2' | 24°03,3' | 44°50,8' | +11,1' | 9°35,3' | -11,3' |
| 22 | 227°35,1' | 150°12,4' | 22°55,8' | 150°57,0' | 22°52,2' | 143°11,8' | 24°03,3' | 59°20,9' | +11,2' | 9°24,0' | -11,5' |
| 9 июня (пятница) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 257°40,0' | 180°12,2' | N 22°56,3' | 180°55,3' | N 22°53,0' | 173°13,0' | N 24°03,5' | 88°21,3' | +11,3' | N 9°01,1' | -11,5' |
| 2 | 287°45,0' | 210°11,9' | 22°56,7' | 210°53,6' | 22°53,8' | 203°14,3' | 24°03,7' | 117°21,9' | +11,4' | 8°38,1' | -11,6' |
| 4 | 317°49,9' | 240°11,7' | 22°57,1' | 240°51,9' | 22°54,5' | 233°15,5' | 24°03,8' | 146°22,9' | +11,6' | 8°15,0' | -11,7' |
| 5 | 332°52,4' | 255°11,6' | 22°57,3' | 255°51,1' | 22°54,9' | 248°16,1' | 24°03,9' | 160°53,4' | +11,6' | 8°03,3' | -11,6' |
| 7 | 2°57,3' | 285°11,3' | 22°57,7' | 285°49,4' | 22°55,6' | 278°17,3' | 24°04,1' | 189°54,8' | +11,8' | 7°40,0' | -11,6' |
| 8 | 17°59,8' | 300°11,2' | 22°57,9' | 300°48,5' | 22°56,0' | 293°18,0' | 24°04,2' | 204°25,5' | +11,8' | 7°28,4' | -11,8' |
| 9 | 33°02,2' | 315°11,1' | 22°58,1' | 315°47,7' | 22°56,4' | 308°18,6' | 24°04,3' | 218°56,4' | +11,9' | 7°16,6' | -11,7' |
| 10 | 48°04,7' | 330°11,0' | 22°58,3' | 330°46,9' | 22°56,7' | 323°19,2' | 24°04,3' | 233°27,3' | +12,0' | 7°04,9' | -11,7' |
| 11 | 63°07,1' | 345°10,8' | 22°58,5' | 345°46,0' | 22°57,1' | 338°19,8' | 24°04,4' | 247°58,2' | +12,0' | 6°53,2' | -11,8' |
| 12 | 78°09,6' | 0°10,7' | 22°58,7' | 0°45,2' | 22°57,5' | 353°20,4' | 24°04,5' | 262°29,2' | +12,1' | 6°41,4' | -11,8' |
| 15 | 123°17,0' | 45°10,3' | 22°59,3' | 45°42,6' | 22°58,6' | 38°22,3' | 24°04,7' | 306°02,7' | +12,3' | 6°05,9' | -11,8' |
| 17 | 153°21,9' | 75°10,1' | 22°59,7' | 75°40,9' | 22°59,3' | 68°23,5' | 24°04,9' | 335°05,2' | +12,4' | 5°42,2' | -11,9' |
| 18 | 168°24,4' | 90°10,0' | 22°59,9' | 90°40,0' | 22°59,6' | 83°24,1' | 24°05,0' | 349°36,6' | +12,4' | 5°30,3' | -11,9' |
| 21 | 213°31,8' | 135°09,6' | 23°00,4' | 135°37,5' | 23°00,7' | 128°26,0' | 24°05,2' | 33°11,0' | +12,6' | 4°54,6' | -12,0' |
| 22 | 228°34,3' | 150°09,5' | 23°00,6' | 150°36,6' | 23°01,1' | 143°26,6' | 24°05,3' | 47°42,6' | +12,6' | 4°42,6' | -11,9' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,9' | +0,2' | +0,1' | +0,4' | +1,6' | +0,1' | 16,0' | 58,8' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|-----------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 10 июня (суббота) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 258°39,2' | 180°09,2' | N 23°01,0' | 180°34,9' | N 23°01,8' | 173°27,8' | N 24°05,4' | 76°45,9' | +12,7' | N 4°18,7' | -11,9' |
| 2 | 288°44,1' | 210°09,0' | 23°01,4' | 210°33,2' | 23°02,5' | 203°29,0' | 24°05,6' | 105°49,4' | +12,8' | 3°54,8' | -12,0' |
| 4 | 318°49,0' | 240°08,7' | 23°01,8' | 240°31,5' | 23°03,2' | 233°30,3' | 24°05,7' | 134°53,1' | +12,9' | 3°30,9' | -12,0' |
| 5 | 333°51,5' | 255°08,6' | 23°02,0' | 255°30,7' | 23°03,5' | 248°30,9' | 24°05,8' | 149°25,0' | +13,0' | 3°18,9' | -12,0' |
| 7 | 3°56,4' | 285°08,4' | 23°02,3' | 285°29,0' | 23°04,2' | 278°32,1' | 24°05,9' | 178°28,9' | +13,0' | 2°54,9' | -12,0' |
| 8 | 18°58,9' | 300°08,2' | 23°02,5' | 300°28,1' | 23°04,5' | 293°32,7' | 24°06,0' | 193°01,0' | +13,1' | 2°42,9' | -12,0' |
| 9 | 34°01,4' | 315°08,1' | 23°02,7' | 315°27,2' | 23°04,9' | 308°33,4' | 24°06,1' | 207°33,0' | +13,1' | 2°30,9' | -12,0' |
| 10 | 49°03,8' | 330°08,0' | 23°02,9' | 330°26,4' | 23°05,2' | 323°34,0' | 24°06,1' | 222°05,2' | +13,2' | 2°18,9' | -12,0' |
| 11 | 64°06,3' | 345°07,9' | 23°03,1' | 345°25,5' | 23°05,6' | 338°34,6' | 24°06,2' | 236°37,3' | +13,2' | 2°06,9' | -11,9' |
| 12 | 79°08,7' | 0°07,7' | 23°03,2' | 0°24,7' | 23°05,9' | 353°35,2' | 24°06,3' | 251°09,5' | +13,2' | 1°55,0' | -12,0' |
| 15 | 124°16,1' | 45°07,4' | 23°03,8' | 45°22,1' | 23°06,9' | 38°37,1' | 24°06,5' | 294°46,3' | +13,3' | 1°19,0' | -12,0' |
| 17 | 154°21,1' | 75°07,1' | 23°04,1' | 75°20,4' | 23°07,6' | 68°38,3' | 24°06,6' | 323°51,1' | +13,4' | 0°55,1' | -12,0' |
| 18 | 169°23,5' | 90°07,0' | 23°04,3' | 90°19,5' | 23°07,9' | 83°38,9' | 24°06,7' | 338°23,5' | +13,4' | 0°43,1' | -11,9' |
| 21 | 214°30,9' | 135°06,6' | 23°04,8' | 135°17,0' | 23°08,9' | 128°40,8' | 24°06,9' | 22°00,9' | +13,5' | S 0°07,3' | +11,9' |
| 22 | 229°33,4' | 150°06,5' | 23°05,0' | 150°16,1' | 23°09,2' | 143°41,4' | 24°07,0' | 36°33,4' | +13,6' | S 0°16,5' | +11,9' |
| 11 июня (воскресенье) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 259°38,3' | 180°06,2' | N 23°05,4' | 180°14,4' | N 23°09,9' | 173°42,6' | N 24°07,1' | 65°38,5' | +13,6' | S 0°28,4' | +11,9' |
| 2 | 289°43,2' | 210°06,0' | 23°05,7' | 210°12,7' | 23°10,5' | 203°43,8' | 24°07,2' | 94°43,8' | +13,7' | 0°52,2' | +11,8' |
| 4 | 319°48,2' | 240°05,7' | 23°06,0' | 240°10,9' | 23°11,2' | 233°45,1' | 24°07,4' | 123°49,1' | +13,7' | 1°15,9' | +11,8' |
| 5 | 334°50,6' | 255°05,6' | 23°06,2' | 255°10,1' | 23°11,5' | 248°45,7' | 24°07,4' | 138°21,8' | +13,7' | 1°27,7' | +11,8' |
| 7 | 4°55,6' | 285°05,3' | 23°06,6' | 285°08,4' | 23°12,1' | 278°46,9' | 24°07,6' | 167°27,3' | +13,8' | 1°51,3' | +11,8' |
| 8 | 19°58,0' | 300°05,2' | 23°06,7' | 300°07,5' | 23°12,4' | 293°47,5' | 24°07,6' | 182°00,0' | +13,8' | 2°03,1' | +11,7' |
| 9 | 35°00,5' | 315°05,1' | 23°06,9' | 315°06,6' | 23°12,7' | 308°48,2' | 24°07,7' | 196°32,8' | +13,8' | 2°14,8' | +11,7' |
| 10 | 50°03,0' | 330°04,9' | 23°07,1' | 330°05,8' | 23°13,0' | 323°48,8' | 24°07,7' | 211°05,6' | +13,8' | 2°26,5' | +11,7' |
| 11 | 65°05,4' | 345°04,8' | 23°07,2' | 345°04,9' | 23°13,4' | 338°49,4' | 24°07,8' | 225°38,4' | +13,8' | 2°38,2' | +11,7' |
| 12 | 80°07,9' | 0°04,7' | 23°07,4' | 0°04,0' | 23°13,7' | 353°50,0' | 24°07,9' | 240°11,3' | +13,9' | 2°49,9' | +11,7' |
| 15 | 125°15,3' | 45°04,3' | 23°07,9' | 45°01,5' | 23°14,6' | 38°51,9' | 24°08,0' | 283°49,9' | +13,9' | 3°24,9' | +11,5' |
| 17 | 155°20,2' | 75°04,0' | 23°08,2' | 74°59,7' | 23°15,2' | 68°53,1' | 24°08,2' | 312°55,7' | +13,9' | 3°48,0' | +11,6' |
| 18 | 170°22,7' | 90°03,9' | 23°08,4' | 89°58,9' | 23°15,5' | 83°53,7' | 24°08,2' | 327°28,6' | +13,9' | 3°59,6' | +11,5' |
| 21 | 215°30,1' | 135°03,5' | 23°08,8' | 134°56,3' | 23°16,4' | 128°55,6' | 24°08,4' | 11°07,4' | +14,0' | 4°34,0' | +11,4' |
| 22 | 230°32,5' | 150°03,4' | 23°09,0' | 149°55,4' | 23°16,7' | 143°56,2' | 24°08,5' | 25°40,4' | +14,0' | S 4°45,4' | +11,4' |
| 12 июня (понедельник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 260°37,5' | 180°03,1' | N 23°09,3' | 179°53,7' | N 23°17,3' | 173°57,4' | N 24°08,6' | 54°46,3' | +14,0' | S 5°08,2' | +11,3' |
| 2 | 290°42,4' | 210°02,9' | 23°09,6' | 209°51,9' | 23°17,9' | 203°58,7' | 24°08,7' | 83°52,2' | +14,0' | 5°30,8' | +11,3' |
| 4 | 320°47,3' | 240°02,6' | 23°09,9' | 239°50,2' | 23°18,5' | 233°59,9' | 24°08,8' | 112°58,2' | +14,0' | 5°53,4' | +11,2' |
| 5 | 335°49,8' | 255°02,5' | 23°10,1' | 254°49,3' | 23°18,8' | 249°00,5' | 24°08,9' | 127°31,2' | +14,0' | 6°04,6' | +11,1' |
| 7 | 5°54,7' | 285°02,3' | 23°10,4' | 284°47,6' | 23°19,3' | 279°01,7' | 24°09,0' | 156°37,2' | +14,0' | 6°26,9' | +11,1' |
| 8 | 20°57,2' | 300°02,1' | 23°10,5' | 299°46,7' | 23°19,6' | 294°02,4' | 24°09,0' | 171°10,1' | +14,0' | 6°38,0' | +11,0' |
| 9 | 35°59,6' | 315°02,0' | 23°10,7' | 314°45,9' | 23°19,9' | 309°03,0' | 24°09,1' | 185°43,1' | +14,0' | 6°49,0' | +11,0' |
| 10 | 51°02,1' | 330°01,9' | 23°10,8' | 329°45,0' | 23°20,2' | 324°03,6' | 24°09,1' | 200°16,1' | +14,0' | 7°00,0' | +11,0' |
| 11 | 66°04,6' | 345°01,7' | 23°11,0' | 344°44,1' | 23°20,5' | 339°04,2' | 24°09,2' | 214°49,1' | +14,0' | 7°11,0' | +11,0' |
| 12 | 81°07,0' | 0°01,6' | 23°11,1' | 359°43,3' | 23°20,8' | 354°04,8' | 24°09,2' | 229°22,1' | +14,0' | 7°22,0' | +10,9' |
| 15 | 126°14,4' | 45°01,2' | 23°11,6' | 44°40,7' | 23°21,6' | 39°06,7' | 24°06,7' | 273°01,0' | +14,0' | 7°54,6' | +10,8' |
| 17 | 156°19,3' | 75°01,0' | 23°11,8' | 74°38,9' | 23°22,2' | 69°07,9' | 24°09,5' | 302°07,0' | +14,0' | 8°16,1' | +10,7' |
| 18 | 171°21,8' | 90°00,8' | 23°12,0' | 89°38,1' | 23°22,4' | 84°08,6' | 24°08,6' | 316°39,9' | +13,9' | 8°26,8' | +10,6' |
| 21 | 216°29,2' | 135°00,4' | 23°12,4' | 134°35,4' | 23°23,2' | 129°10,4' | 24°09,7' | 0°18,7' | +13,9' | 8°58,6' | +10,5' |
| 22 | 231°31,7' | 150°00,3' | 23°12,6' | 149°34,6' | 23°23,5' | 144°11,0' | 24°09,7' | 14°51,7' | +13,9' | 9°09,1' | +10,5' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,8' | +0,1' | +0,1' | +0,3' | +1,6' | +0,1' | 15,2' | 55,9' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 13 июня (вторник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 261°36,6' | 180°00,1' | N 23°12,8' | 179°32,8' | N 23°24,1' | 174°12,3' | N 24°09,8' | 43°57,5' | +13,9' | S 9°30,0' | +10,4' |
| 2 | 291°41,5' | 209°59,8' | 23°13,1' | 209°31,1' | 23°24,6' | 204°13,5' | 24°09,9' | 73°03,3' | +13,9' | 9°50,7' | +10,3' |
| 4 | 321°46,4' | 239°59,5' | 23°13,4' | 239°29,4' | 23°25,1' | 234°14,7' | 24°10,0' | 102°09,0' | +13,8' | 10°11,2' | +10,2' |
| 5 | 336°48,9' | 254°59,4' | 23°13,5' | 254°28,5' | 23°25,4' | 249°15,4' | 24°10,1' | 116°41,8' | +13,8' | 10°21,4' | +10,1' |
| 7 | 6°53,8' | 284°59,1' | 23°13,8' | 284°26,7' | 23°25,9' | 279°16,6' | 24°10,2' | 145°47,5' | +13,8' | 10°41,6' | +10,0' |
| 8 | 21°56,3' | 299°59,0' | 23°13,9' | 299°25,9' | 23°26,2' | 294°17,2' | 24°10,2' | 160°20,3' | +13,8' | 10°51,6' | +10,0' |
| 9 | 36°58,8' | 314°58,9' | 23°14,0' | 314°25,0' | 23°26,4' | 309°17,8' | 24°10,3' | 174°53,1' | +13,8' | 11°01,6' | +9,9' |
| 10 | 52°01,2' | 329°58,8' | 23°14,2' | 329°24,1' | 23°26,7' | 324°18,5' | 24°10,3' | 189°25,8' | +13,8' | 11°11,5' | +9,9' |
| 11 | 67°03,7' | 344°58,6' | 23°14,3' | 344°23,2' | 23°26,9' | 339°19,1' | 24°10,3' | 203°58,6' | +13,7' | 11°21,4' | +9,8' |
| 12 | 82°06,2' | 359°58,5' | 23°14,4' | 359°22,4' | 23°27,2' | 354°19,7' | 24°10,4' | 218°31,3' | +13,7' | 11°31,2' | +9,7' |
| 15 | 127°13,6' | 44°58,1' | 23°14,8' | 44°19,7' | 23°27,9' | 39°21,6' | 24°10,5' | 262°09,4' | +13,7' | 12°00,2' | +9,6' |
| 17 | 157°18,5' | 74°57,8' | 23°15,1' | 74°18,0' | 23°28,4' | 69°22,8' | 24°10,6' | 291°14,7' | +13,6' | 12°19,3' | +9,5' |
| 18 | 172°20,9' | 89°57,7' | 23°15,2' | 89°17,1' | 23°28,7' | 84°23,4' | 24°10,6' | 305°47,4' | +13,6' | 12°28,8' | +9,4' |
| 21 | 217°28,3' | 134°57,3' | 23°15,6' | 134°14,5' | 23°29,4' | 129°25,3' | 24°10,8' | 349°25,1' | +13,5' | 12°56,8' | +9,2' |
| 22 | 232°30,8' | 149°57,2' | 23°15,7' | 149°13,6' | 23°29,6' | 144°25,9' | 24°10,8' | 3°57,7' | +13,5' | S 13°06,0' | +9,2' |
| 14 июня (среда) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 262°35,7' | 179°56,9' | N 23°16,0' | 179°11,9' | N 23°30,1' | 174°27,1' | N 24°10,9' | 33°02,7' | +13,5' | S 13°24,3' | +9,0' |
| 2 | 292°40,7' | 209°56,6' | 23°16,2' | 209°10,1' | 23°30,6' | 204°28,4' | 24°11,0' | 62°07,6' | +13,4' | 13°42,3' | +8,9' |
| 4 | 322°45,6' | 239°56,4' | 23°16,4' | 239°08,4' | 23°31,1' | 234°29,6' | 24°11,0' | 91°12,5' | +13,4' | 14°00,0' | +8,8' |
| 5 | 337°48,1' | 254°56,3' | 23°16,6' | 254°07,5' | 23°31,5' | 249°30,2' | 24°11,1' | 105°44,9' | +13,4' | 14°08,8' | +8,7' |
| 7 | 7°53,0' | 284°56,0' | 23°16,8' | 284°05,7' | 23°31,8' | 279°31,5' | 24°11,2' | 134°49,6' | +13,3' | 14°26,1' | +8,6' |
| 8 | 22°55,4' | 299°55,9' | 23°16,9' | 299°04,8' | 23°32,0' | 294°32,1' | 24°11,2' | 149°21,9' | +13,3' | 14°34,7' | +8,5' |
| 9 | 37°57,9' | 314°55,7' | 23°17,0' | 314°04,0' | 23°32,0' | 309°32,7' | 24°11,2' | 163°54,2' | +13,3' | 14°43,2' | +8,4' |
| 10 | 53°00,4' | 329°55,6' | 23°17,1' | 329°03,1' | 23°32,4' | 324°33,4' | 24°11,3' | 178°26,5' | +13,2' | 14°51,6' | +8,4' |
| 11 | 68°02,8' | 344°55,5' | 23°17,2' | 344°02,2' | 23°32,7' | 339°34,0' | 24°11,3' | 192°58,7' | +13,2' | 15°00,0' | +8,3' |
| 12 | 83°05,3' | 359°55,3' | 23°17,4' | 359°01,3' | 23°32,9' | 354°34,6' | 24°11,3' | 207°30,9' | +13,2' | 15°08,3' | +8,2' |
| 15 | 128°12,7' | 44°54,9' | 23°17,7' | 43°58,7' | 23°33,6' | 39°36,5' | 24°11,4' | 251°07,4' | +13,1' | 15°32,7' | +8,0' |
| 17 | 158°17,6' | 74°54,7' | 23°17,9' | 73°56,9' | 23°34,0' | 69°37,7' | 24°11,5' | 280°11,6' | +13,1' | 15°48,6' | +7,9' |
| 18 | 173°20,1' | 89°54,5' | 23°18,0' | 88°56,1' | 23°34,2' | 84°38,3' | 24°11,5' | 294°43,7' | +13,0' | 15°56,5' | +7,8' |
| 21 | 218°27,5' | 134°54,1' | 23°18,3' | 133°53,4' | 23°34,9' | 129°40,2' | 24°11,6' | 338°19,7' | +13,0' | 16°19,6' | +7,6' |
| 22 | 233°29,9' | 149°54,0' | 23°18,5' | 148°52,5' | 23°35,1' | 144°40,8' | 24°11,7' | 352°51,7' | +12,9' | 16°27,2' | +7,4' |
| 15 июня (четверг) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 263°34,9' | 179°53,7' | N 23°18,7' | 178°50,8' | N 23°35,5' | 174°42,1' | N 24°11,7' | 21°55,5' | +12,9' | S 16°42,1' | +7,3' |
| 2 | 293°39,8' | 209°53,5' | 23°18,9' | 208°49,0' | 23°35,9' | 204°43,3' | 24°11,8' | 50°59,3' | +12,8' | 16°56,6' | +7,2' |
| 4 | 323°44,7' | 239°53,2' | 23°19,1' | 238°47,3' | 23°36,3' | 234°44,5' | 24°11,9' | 80°02,9' | +12,8' | 17°10,9' | +7,0' |
| 5 | 338°47,2' | 254°53,1' | 23°19,2' | 253°46,4' | 23°36,5' | 249°45,2' | 24°11,9' | 94°34,7' | +12,7' | 17°17,9' | +6,9' |
| 7 | 8°52,1' | 284°52,8' | 23°19,4' | 283°44,6' | 23°36,9' | 279°46,4' | 24°11,9' | 123°38,1' | +12,7' | 17°31,7' | +6,7' |
| 8 | 23°54,6' | 299°52,7' | 23°19,5' | 298°43,7' | 23°37,1' | 294°47,0' | 24°12,0' | 138°09,8' | +12,7' | 17°38,4' | +6,7' |
| 9 | 38°57,0' | 314°52,6' | 23°19,6' | 313°42,8' | 23°37,3' | 309°47,7' | 24°12,0' | 152°41,5' | +12,6' | 17°45,1' | +6,6' |
| 10 | 53°59,5' | 329°52,4' | 23°19,7' | 328°42,0' | 23°37,5' | 324°48,3' | 24°12,0' | 167°13,1' | +12,6' | 17°51,7' | +6,5' |
| 11 | 69°02,0' | 344°52,3' | 23°19,8' | 343°41,1' | 23°37,7' | 339°48,9' | 24°12,1' | 181°44,7' | +12,6' | 17°58,2' | +6,5' |
| 12 | 84°04,4' | 359°52,2' | 23°19,9' | 358°40,2' | 23°37,9' | 354°49,5' | 24°12,1' | 196°16,3' | +12,6' | 18°04,7' | +6,3' |
| 15 | 129°11,8' | 44°51,8' | 23°20,1' | 43°37,5' | 23°38,5' | 39°51,4' | 24°12,2' | 239°50,9' | +12,5' | 18°23,5' | +6,1' |
| 17 | 159°16,8' | 74°51,5' | 23°20,3' | 73°35,8' | 23°38,9' | 69°52,6' | 24°12,2' | 268°53,8' | +12,4' | 18°35,6' | +5,9' |
| 18 | 174°19,2' | 89°51,4' | 23°20,4' | 88°34,9' | 23°39,1' | 84°53,3' | 24°12,2' | 283°25,3' | +12,4' | 18°41,5' | +5,8' |
| 21 | 219°26,6' | 134°51,0' | 23°20,7' | 133°32,2' | 23°39,6' | 129°55,1' | 24°12,3' | 326°59,4' | +12,3' | 18°58,8' | +5,5' |
| 22 | 234°29,1' | 149°50,8' | 23°20,8' | 148°31,4' | 23°39,8' | 144°55,8' | 24°12,3' | 341°30,7' | +12,3' | 19°04,3' | +5,5' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,8' | +0,1' | +0,1' | +0,2' | +1,6' | +0,0' | 15,0' | 54,9' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|-------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 16 июня (пятница) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 264°34,0' | 179°50,6' | N 23°21,0' | 178°29,6' | N 23°40,2' | 174°57,0' | N 24°12,4' | 10°33,3' | +12,3' | S 19°15,2' | +5,3' |
| 2 | 294°38,9' | 209°50,3' | 23°21,1' | 208°27,8' | 23°40,6' | 204°58,3' | 24°12,4' | 39°35,8' | +12,2' | 19°25,7' | +5,2' |
| 4 | 324°43,9' | 239°50,0' | 23°21,3' | 238°26,1' | 23°40,9' | 234°59,5' | 24°12,5' | 68°38,2' | +12,2' | 19°35,9' | +5,0' |
| 5 | 339°46,3' | 254°49,9' | 23°21,4' | 253°25,2' | 23°41,1' | 250°00,1' | 24°12,5' | 83°09,4' | +12,1' | 19°40,8' | +4,9' |
| 7 | 9°51,3' | 284°49,6' | 23°21,6' | 283°23,4' | 23°41,4' | 280°01,4' | 24°12,5' | 112°11,6' | +12,1' | 19°50,5' | +4,8' |
| 8 | 24°53,7' | 299°49,5' | 23°21,6' | 298°22,5' | 23°41,6' | 295°02,0' | 24°12,5' | 126°42,7' | +12,1' | 19°55,1' | +4,6' |
| 9 | 39°56,2' | 314°49,4' | 23°21,7' | 313°21,6' | 23°41,8' | 310°02,6' | 24°12,6' | 141°13,8' | +12,0' | 19°59,7' | +4,5' |
| 10 | 54°58,7' | 329°49,2' | 23°21,8' | 328°20,7' | 23°41,9' | 325°03,2' | 24°12,6' | 155°44,8' | +12,0' | 20°04,2' | +4,4' |
| 11 | 70°01,1' | 344°49,1' | 23°21,9' | 343°19,9' | 23°42,1' | 340°03,9' | 24°12,6' | 170°15,8' | +12,0' | 20°08,6' | +4,3' |
| 12 | 85°03,6' | 359°49,0' | 23°22,0' | 358°19,0' | 23°42,3' | 355°04,5' | 24°12,6' | 184°46,9' | +12,0' | 20°12,9' | +4,2' |
| 15 | 130°11,0' | 44°48,6' | 23°22,2' | 43°16,3' | 23°42,8' | 40°06,4' | 24°12,7' | 228°19,8' | +11,9' | 20°25,2' | +3,9' |
| 17 | 160°15,9' | 74°48,3' | 23°22,3' | 73°14,5' | 23°43,1' | 70°07,6' | 24°12,7' | 257°21,6' | +11,9' | 20°32,9' | +3,7' |
| 18 | 175°18,4' | 89°48,2' | 23°22,4' | 88°13,6' | 23°43,3' | 85°08,2' | 24°12,7' | 271°52,5' | +11,9' | 20°36,6' | +3,7' |
| 21 | 220°25,8' | 134°47,8' | 23°22,6' | 133°11,0' | 23°43,7' | 130°10,1' | 24°12,7' | 315°25,1' | +11,8' | 20°47,2' | +3,4' |
| 22 | 235°28,2' | 149°47,6' | 23°22,7' | 148°10,1' | 23°43,9' | 145°10,7' | 24°12,8' | 329°55,9' | +11,8' | 20°50,6' | +3,2' |
| 17 июня (суббота) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 265°33,2' | 179°47,3' | N 23°22,8' | 178°08,3' | N 23°44,2' | 175°12,0' | N 24°12,8' | 358°57,5' | +11,8' | S 20°57,0' | +3,0' |
| 2 | 295°38,1' | 209°47,1' | 23°23,0' | 208°06,5' | 23°44,5' | 205°13,2' | 24°12,8' | 27°59,0' | +11,7' | 21°02,9' | +2,9' |
| 4 | 325°43,0' | 239°46,8' | 23°23,1' | 238°04,8' | 23°44,8' | 235°14,5' | 24°12,8' | 57°00,5' | +11,7' | 21°08,5' | +2,7' |
| 5 | 340°45,5' | 254°46,7' | 23°23,2' | 253°03,9' | 23°44,9' | 250°15,1' | 24°12,9' | 71°31,2' | +11,7' | 21°11,2' | +2,5' |
| 7 | 10°50,4' | 284°46,4' | 23°23,3' | 283°02,1' | 23°45,2' | 280°16,4' | 24°12,9' | 100°32,6' | +11,7' | 21°16,2' | +2,4' |
| 8 | 25°52,9' | 299°46,3' | 23°23,4' | 298°01,2' | 23°45,4' | 295°17,0' | 24°12,9' | 115°03,3' | +11,7' | 21°18,6' | +2,2' |
| 9 | 40°55,3' | 314°46,1' | 23°23,5' | 313°00,3' | 23°45,5' | 310°17,6' | 24°12,9' | 129°34,0' | +11,7' | 21°20,8' | +2,2' |
| 10 | 55°57,8' | 329°46,0' | 23°23,5' | 327°59,4' | 23°45,6' | 325°18,2' | 24°12,9' | 144°04,7' | +11,7' | 21°23,0' | +2,0' |
| 11 | 71°00,3' | 344°45,9' | 23°23,6' | 342°58,5' | 23°45,8' | 340°18,9' | 24°12,9' | 158°35,3' | +11,6' | 21°25,0' | +2,0' |
| 12 | 86°02,7' | 359°45,7' | 23°23,6' | 357°57,6' | 23°45,9' | 355°19,5' | 24°12,9' | 173°06,0' | +11,6' | 21°27,0' | +1,8' |
| 15 | 131°10,1' | 44°45,3' | 23°23,8' | 42°55,0' | 23°46,3' | 40°21,4' | 24°12,9' | 216°37,8' | +11,6' | 21°32,2' | +1,6' |
| 17 | 161°15,0' | 74°45,1' | 23°23,9' | 72°53,2' | 23°46,6' | 70°22,6' | 24°13,0' | 245°39,1' | +11,6' | 21°35,2' | +1,4' |
| 18 | 176°17,5' | 89°44,9' | 23°24,0' | 87°52,3' | 23°46,7' | 85°23,2' | 24°13,0' | 260°09,7' | +11,6' | 21°36,6' | +1,2' |
| 21 | 221°24,9' | 134°44,5' | 23°24,2' | 132°49,6' | 23°47,1' | 130°25,1' | 24°13,0' | 303°41,5' | +11,6' | 21°40,0' | +0,9' |
| 22 | 236°27,4' | 149°44,4' | 23°24,2' | 147°48,7' | 23°47,2' | 145°25,8' | 24°13,0' | 318°12,0' | +11,6' | 21°40,9' | +0,9' |
| 18 июня (воскресенье) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 266°32,3' | 179°44,1' | N 23°24,3' | 177°47,0' | N 23°47,5' | 175°27,0' | N 24°13,0' | 347°13,2' | +11,6' | S 21°42,5' | +0,7' |
| 2 | 296°37,2' | 209°43,8' | 23°24,4' | 207°45,2' | 23°47,7' | 205°28,3' | 24°13,0' | 16°14,4' | +11,6' | 21°43,7' | +0,4' |
| 4 | 326°42,1' | 239°43,6' | 23°24,5' | 237°43,4' | 23°48,0' | 235°29,5' | 24°13,0' | 45°15,5' | +11,6' | 21°44,5' | +0,2' |
| 5 | 341°44,6' | 254°43,4' | 23°24,6' | 252°42,5' | 23°48,1' | 250°30,1' | 24°13,0' | 59°46,1' | +11,6' | 21°44,7' | +0,1' |
| 7 | 11°49,5' | 284°43,2' | 23°24,7' | 282°40,7' | 23°48,3' | 280°31,4' | 24°13,0' | 88°47,3' | +11,6' | 21°44,9' | -0,1' |
| 8 | 26°52,0' | 299°43,0' | 23°24,7' | 297°39,8' | 23°48,4' | 295°32,0' | 24°13,0' | 103°17,9' | +11,6' | 21°44,8' | -0,2' |
| 9 | 41°54,5' | 314°42,9' | 23°24,8' | 312°38,9' | 23°48,5' | 310°32,6' | 24°13,0' | 117°48,4' | +11,6' | 21°44,6' | -0,3' |
| 10 | 56°56,9' | 329°42,8' | 23°24,8' | 327°38,0' | 23°48,6' | 325°33,3' | 24°13,0' | 132°19,0' | +11,6' | 21°44,3' | -0,3' |
| 11 | 71°59,4' | 344°42,6' | 23°24,9' | 342°37,2' | 23°48,8' | 340°33,9' | 24°13,0' | 146°49,6' | +11,6' | 21°44,0' | -0,5' |
| 12 | 87°01,9' | 359°42,5' | 23°24,9' | 357°36,3' | 23°48,9' | 355°34,5' | 24°13,0' | 161°20,2' | +11,6' | 21°43,5' | -0,6' |
| 15 | 132°09,3' | 44°42,1' | 23°25,0' | 42°33,6' | 23°49,2' | 40°36,4' | 24°13,0' | 204°52,1' | +11,6' | 21°41,5' | -0,9' |
| 17 | 162°14,2' | 74°41,8' | 23°25,1' | 72°31,8' | 23°49,4' | 70°37,7' | 24°13,0' | 233°53,3' | +11,6' | 21°39,6' | -1,1' |
| 18 | 177°16,6' | 89°41,7' | 23°25,2' | 87°30,9' | 23°49,5' | 85°38,3' | 24°13,0' | 248°24,0' | +11,7' | 21°38,5' | -1,2' |
| 21 | 222°24,0' | 134°41,3' | 23°25,3' | 132°28,2' | 23°49,8' | 130°40,2' | 24°13,0' | 291°56,0' | +11,7' | 21°34,6' | -1,4' |
| 22 | 237°26,5' | 149°41,2' | 23°25,3' | 147°27,3' | 23°49,9' | 145°40,8' | 24°13,0' | 306°26,7' | +11,7' | 21°33,2' | -1,6' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,8' | 0' | +0,1' | +0,1' | +1,6' | 0' | 14,7' | 54,0' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|--------|----------------|----------|-------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ | |
| 19 июня (понедельник) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 267°31,4' | 179°40,9' | N 23°25,4' | 177°25,6' | N 23°50,1' | 175°42,1' | N 24°13,0' | 335°28,1' | +11,7' | S | 21°29,9' | -1,8' |
| 2 | 297°36,4' | 209°40,6' | 23°25,5' | 207°23,8' | 23°50,3' | 205°43,3' | 24°13,0' | 4°29,5' | +11,7' | | 21°26,2' | -2,0' |
| 4 | 327°41,3' | 239°40,3' | 23°25,5' | 237°22,0' | 23°50,4' | 235°44,6' | 24°13,0' | 33°31,0' | +11,8' | | 21°22,1' | -2,1' |
| 5 | 342°43,8' | 254°40,2' | 23°25,6' | 252°21,1' | 23°50,5' | 250°45,2' | 24°13,0' | 48°01,8' | +11,8' | | 21°20,0' | -2,3' |
| 7 | 12°48,7' | 284°39,9' | 23°25,6' | 282°19,3' | 23°50,7' | 280°46,5' | 24°13,0' | 77°03,4' | +11,8' | | 21°15,3' | -2,5' |
| 8 | 27°51,1' | 299°39,8' | 23°25,6' | 297°18,4' | 23°50,8' | 295°47,1' | 24°13,0' | 91°34,2' | +11,8' | | 21°12,8' | -2,6' |
| 9 | 42°53,6' | 314°39,7' | 23°25,7' | 312°17,5' | 23°50,9' | 310°47,7' | 24°13,0' | 106°05,0' | +11,9' | | 21°10,2' | -2,6' |
| 10 | 57°56,1' | 329°39,5' | 23°25,7' | 327°16,6' | 23°50,9' | 325°48,4' | 24°13,0' | 120°35,9' | +11,9' | | 21°07,6' | -2,8' |
| 11 | 72°58,5' | 344°39,4' | 23°25,7' | 342°15,7' | 23°51,0' | 340°49,0' | 24°12,9' | 135°06,8' | +11,9' | | 21°04,8' | -2,9' |
| 12 | 88°01,0' | 359°39,3' | 23°25,8' | 357°14,8' | 23°51,1' | 355°49,6' | 24°12,9' | 149°37,6' | +11,9' | | 21°01,9' | -2,9' |
| 15 | 133°08,4' | 44°38,9' | 23°25,8' | 42°12,1' | 23°51,3' | 40°51,5' | 24°12,9' | 193°10,4' | +12,0' | | 20°52,7' | -3,2' |
| 17 | 163°13,3' | 74°38,6' | 23°25,9' | 72°10,4' | 23°51,5' | 70°52,8' | 24°12,9' | 222°12,4' | +12,0' | | 20°46,1' | -3,4' |
| 18 | 178°15,8' | 89°38,4' | 23°25,9' | 87°09,5' | 23°51,6' | 85°53,4' | 24°12,9' | 236°43,4' | +12,0' | | 20°42,7' | -3,6' |
| 21 | 223°23,2' | 134°38,0' | 23°26,0' | 132°06,8' | 23°51,8' | 130°55,3' | 24°12,8' | 280°16,5' | +12,1' | | 20°31,7' | -3,8' |
| 22 | 238°25,6' | 149°37,9' | 23°26,0' | 147°05,9' | 23°51,8' | 145°55,9' | 24°12,8' | 294°47,6' | +12,1' | | 20°27,9' | -3,9' |
| 20 июня (вторник) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 268°30,6' | 179°37,6' | N 23°26,0' | 177°04,1' | N 23°52,0' | 175°57,2' | N 24°12,8' | 323°49,8' | +12,2' | S | 20°20,0' | -4,1' |
| 2 | 298°35,5' | 209°37,4' | 23°26,1' | 207°02,3' | 23°52,1' | 205°58,4' | 24°12,8' | 352°52,1' | +12,2' | | 20°11,7' | -4,3' |
| 4 | 328°40,4' | 239°37,1' | 23°26,1' | 237°00,5' | 23°52,2' | 235°59,7' | 24°12,8' | 21°54,5' | +12,2' | | 20°03,0' | -4,5' |
| 5 | 343°42,9' | 254°37,0' | 23°26,1' | 251°59,6' | 23°52,3' | 251°00,3' | 24°12,7' | 36°25,8' | +12,3' | | 19°58,5' | -4,6' |
| 7 | 13°47,8' | 284°36,7' | 23°26,1' | 281°57,8' | 23°52,4' | 281°01,6' | 24°12,7' | 65°28,4' | +12,3' | | 19°49,3' | -4,8' |
| 8 | 28°50,3' | 299°36,5' | 23°26,2' | 296°56,9' | 23°52,4' | 296°02,2' | 24°12,7' | 79°59,7' | +12,3' | | 19°44,5' | -4,8' |
| 9 | 43°52,8' | 314°36,4' | 23°26,2' | 311°56,0' | 23°52,5' | 311°02,8' | 24°12,7' | 94°31,0' | +12,4' | | 19°39,7' | -5,0' |
| 10 | 58°55,2' | 329°36,3' | 23°26,2' | 326°55,1' | 23°52,5' | 326°03,5' | 24°12,7' | 109°02,4' | +12,4' | | 19°34,7' | -5,0' |
| 11 | 73°57,7' | 344°36,1' | 23°26,2' | 341°54,2' | 23°52,6' | 341°04,1' | 24°12,6' | 123°33,8' | +12,4' | | 19°29,7' | -5,1' |
| 12 | 89°00,1' | 359°36,0' | 23°26,2' | 356°53,3' | 23°52,6' | 356°04,7' | 24°12,6' | 138°05,2' | +12,4' | | 19°24,6' | -5,2' |
| 15 | 134°07,5' | 44°35,6' | 23°26,2' | 41°50,7' | 23°52,8' | 41°06,6' | 24°12,6' | 181°39,6' | +12,5' | | 19°08,7' | -5,5' |
| 17 | 164°12,5' | 74°35,3' | 23°26,2' | 71°48,9' | 23°52,9' | 71°07,9' | 24°12,5' | 210°42,6' | +12,6' | | 18°57,7' | -5,7' |
| 18 | 179°14,9' | 89°35,2' | 23°26,2' | 86°48,0' | 23°52,9' | 86°08,5' | 24°12,5' | 225°14,2' | +12,6' | | 18°52,0' | -5,7' |
| 21 | 224°22,3' | 134°34,8' | 23°26,3' | 131°45,3' | 23°53,0' | 131°10,4' | 24°12,5' | 268°49,1' | +12,7' | | 18°34,6' | -6,0' |
| 22 | 239°24,8' | 149°34,7' | 23°26,3' | 146°44,4' | 23°53,1' | 146°11,0' | 24°12,4' | 283°20,8' | +12,7' | | 18°28,6' | -6,1' |
| 21 июня (среда) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 269°29,7' | 179°34,4' | N 23°26,3' | 176°42,6' | N 23°53,1' | 176°12,3' | N 24°12,4' | 312°24,2' | +12,8' | S | 18°16,4' | -6,2' |
| 2 | 299°34,6' | 209°34,1' | 23°26,3' | 206°40,8' | 23°53,2' | 206°13,6' | 24°12,4' | 341°27,7' | +12,8' | | 18°03,8' | -6,4' |
| 4 | 329°39,6' | 239°33,8' | 23°26,3' | 236°39,0' | 23°53,3' | 236°14,8' | 24°12,3' | 10°31,4' | +12,9' | | 17°50,9' | -6,5' |
| 5 | 344°42,0' | 254°33,7' | 23°26,3' | 251°38,1' | 23°53,3' | 251°15,5' | 24°12,3' | 25°03,2' | +12,9' | | 17°44,4' | -6,7' |
| 7 | 14°47,0' | 284°33,4' | 23°26,3' | 281°36,3' | 23°53,4' | 281°16,7' | 24°12,2' | 54°07,0' | +12,9' | | 17°31,0' | -6,8' |
| 8 | 29°49,4' | 299°33,3' | 23°26,3' | 296°35,4' | 23°53,4' | 296°17,4' | 24°12,2' | 68°38,9' | +13,0' | | 17°24,2' | -6,9' |
| 9 | 44°51,9' | 314°33,2' | 23°26,3' | 311°34,5' | 23°53,4' | 311°18,0' | 24°12,2' | 83°10,9' | +13,0' | | 17°17,3' | -7,0' |
| 10 | 59°54,4' | 329°33,0' | 23°26,2' | 326°33,6' | 23°53,4' | 326°18,6' | 24°12,2' | 97°42,9' | +13,0' | | 17°10,3' | -7,0' |
| 11 | 74°56,8' | 344°32,9' | 23°26,2' | 341°32,7' | 23°53,5' | 341°19,3' | 24°12,1' | 112°14,9' | +13,0' | | 17°03,3' | -7,1' |
| 12 | 89°59,3' | 359°32,8' | 23°26,2' | 356°31,8' | 23°53,5' | 356°19,9' | 24°12,1' | 126°47,0' | +13,1' | | 16°56,2' | -7,2' |
| 15 | 135°06,7' | 44°32,4' | 23°26,2' | 41°29,1' | 23°53,5' | 41°21,8' | 24°12,0' | 170°23,2' | +13,1' | | 16°34,3' | -7,4' |
| 17 | 165°11,6' | 74°32,1' | 23°26,2' | 71°27,4' | 23°53,6' | 71°23,1' | 24°12,0' | 199°27,5' | +13,2' | | 16°19,4' | -7,6' |
| 18 | 180°14,1' | 89°32,0' | 23°26,2' | 86°26,5' | 23°53,6' | 86°23,7' | 24°12,0' | 213°59,7' | +13,2' | | 16°11,8' | -7,7' |
| 21 | 225°21,5' | 134°31,5' | 23°26,1' | 131°23,8' | 23°53,6' | 131°25,6' | 24°11,9' | 257°36,4' | +13,3' | | 15°48,6' | -7,9' |
| 22 | 240°23,9' | 149°31,4' | 23°26,1' | 146°22,9' | 23°53,6' | 146°26,2' | 24°11,8' | 272°08,7' | +13,3' | | 15°40,7' | -8,0' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | | p ₀ | | |
| | | +0,8' | 0' | +0,1' | 0' | +1,6' | 0' | 14,7' | | 54,1' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 22 июня (четверг) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 270°28,9' | 179°31,1' | N 23°26,1' | 176°21,1' | N 23°53,6' | 176°27,5' | N 24°11,8' | 301°13,4' | +13,4' | S 15°24,7' | -8,1' |
| 2 | 300°33,8' | 209°30,9' | 23°26,1' | 206°19,3' | 23°53,6' | 206°28,8' | 24°11,7' | 330°18,1' | +13,4' | 15°08,4' | -8,2' |
| 4 | 330°38,7' | 239°30,6' | 23°26,0' | 236°17,5' | 23°53,6' | 236°30,0' | 24°11,7' | 359°22,9' | +13,4' | 14°51,9' | -8,4' |
| 5 | 345°41,2' | 254°30,5' | 23°26,0' | 251°16,6' | 23°53,6' | 251°30,7' | 24°11,6' | 13°55,3' | +13,5' | 14°43,5' | -8,5' |
| 7 | 15°46,1' | 284°30,2' | 23°26,0' | 281°14,8' | 23°53,6' | 281°31,9' | 24°11,6' | 43°00,3' | +13,5' | 14°26,5' | -8,6' |
| 8 | 30°48,6' | 299°30,1' | 23°25,9' | 296°13,9' | 23°53,6' | 296°32,6' | 24°11,5' | 57°32,8' | +13,5' | 14°17,9' | -8,6' |
| 9 | 45°51,0' | 314°29,9' | 23°25,9' | 311°13,0' | 23°53,6' | 311°33,2' | 24°11,5' | 72°05,3' | +13,5' | 14°09,3' | -8,7' |
| 10 | 60°53,5' | 329°29,8' | 23°25,9' | 326°12,1' | 23°53,6' | 326°33,8' | 24°11,5' | 86°37,9' | +13,6' | 14°00,6' | -8,8' |
| 11 | 75°56,0' | 344°29,7' | 23°25,9' | 341°11,2' | 23°53,6' | 341°34,5' | 24°11,4' | 101°10,4' | +13,6' | 13°51,8' | -8,9' |
| 12 | 90°58,4' | 359°29,5' | 23°25,8' | 356°10,3' | 23°53,6' | 356°35,1' | 24°11,4' | 115°43,0' | +13,6' | 13°42,9' | -8,9' |
| 15 | 136°05,8' | 44°29,1' | 23°25,8' | 41°07,6' | 23°53,6' | 41°37,0' | 24°11,3' | 159°20,9' | +13,7' | 13°16,0' | -9,2' |
| 17 | 166°10,7' | 74°28,9' | 23°25,7' | 71°05,8' | 23°53,5' | 71°38,3' | 24°11,2' | 188°26,2' | +13,7' | 12°57,7' | -9,3' |
| 18 | 181°13,2' | 89°28,72' | 23°25,7' | 86°04,9' | 23°53,5' | 86°38,9' | 24°11,2' | 202°58,9' | +13,7' | 12°48,4' | -9,3' |
| 21 | 226°20,6' | 134°28,3' | 23°25,6' | 131°02,2' | 23°53,5' | 131°40,8' | 24°11,1' | 246°37,0' | +13,7' | 12°20,3' | -9,5' |
| 22 | 241°23,1' | 149°28,2' | 23°25,6' | 146°01,4' | 23°53,4' | 146°41,5' | 24°11,0' | 261°09,8' | +13,8' | 12°10,8' | -9,5' |
| 23 июня (пятница) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 271°28,0' | 179°27,9' | N 23°25,5' | 175°59,5' | N 23°53,4' | 176°42,7' | N 24°11,0' | 290°15,3' | +13,8' | S 11°51,7' | -9,7' |
| 2 | 301°32,9' | 209°27,6' | 23°25,4' | 205°57,8' | 23°53,3' | 206°44,0' | 24°10,9' | 319°20,9' | +13,8' | 11°32,3' | -9,8' |
| 4 | 331°37,8' | 239°27,4' | 23°25,4' | 235°56,0' | 23°53,3' | 236°45,3' | 24°10,8' | 348°26,5' | +13,8' | 11°12,7' | -9,9' |
| 5 | 346°40,3' | 254°27,2' | 23°25,3' | 250°55,1' | 23°53,3' | 251°45,9' | 24°10,8' | 2°59,3' | +13,8' | 11°02,8' | -10,0' |
| 7 | 16°45,2' | 284°27,0' | 23°25,3' | 280°53,3' | 23°53,2' | 281°47,2' | 24°10,7' | 32°05,0' | +13,9' | 10°42,8' | -10,0' |
| 8 | 31°47,7' | 299°26,8' | 23°25,2' | 295°52,4' | 23°53,2' | 296°47,8' | 24°10,6' | 46°37,8' | +13,9' | 10°32,8' | -10,1' |
| 9 | 46°50,2' | 314°26,7' | 23°25,2' | 310°51,5' | 23°53,1' | 311°48,4' | 24°10,6' | 61°10,7' | +13,9' | 10°22,7' | -10,2' |
| 10 | 61°52,6' | 329°26,6' | 23°25,1' | 325°50,6' | 23°53,1' | 326°49,1' | 24°10,6' | 75°43,6' | +13,9' | 10°12,5' | -10,2' |
| 11 | 76°55,1' | 344°26,4' | 23°25,1' | 340°49,7' | 23°53,1' | 341°49,7' | 24°10,5' | 90°16,5' | +13,9' | 10°02,3' | -10,3' |
| 12 | 91°57,6' | 359°26,3' | 23°25,1' | 355°48,8' | 23°53,0' | 356°50,3' | 24°10,5' | 104°49,3' | +13,9' | 9°52,0' | -10,3' |
| 15 | 137°05,0' | 44°25,9' | 23°24,9' | 40°46,1' | 23°52,9' | 41°52,3' | 24°10,4' | 148°28,0' | +13,9' | 9°20,9' | -10,5' |
| 17 | 167°09,9' | 74°25,6' | 23°24,8' | 70°44,3' | 23°52,8' | 71°53,5' | 24°10,3' | 177°33,8' | +13,9' | 8°59,9' | -10,6' |
| 18 | 182°12,3' | 89°25,5' | 23°24,8' | 85°43,4' | 23°52,8' | 86°54,2' | 24°10,2' | 192°06,7' | +13,9' | 8°49,3' | -10,6' |
| 21 | 227°19,7' | 134°25,1' | 23°24,6' | 130°40,7' | 23°52,6' | 131°56,1' | 24°10,1' | 235°45,4' | +13,9' | 8°17,3' | -10,8' |
| 22 | 242°22,2' | 149°25,0' | 23°24,6' | 145°39,8' | 23°52,6' | 146°56,7' | 24°10,0' | 250°18,3' | +13,9' | 8°06,5' | -10,8' |
| 24 июня (суббота) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 272°27,1' | 179°24,7' | N 23°24,5' | 175°38,0' | N 23°52,5' | 176°58,0' | N 24°09,9' | 279°24,1' | +13,9' | S 7°44,8' | -10,9' |
| 2 | 302°32,1' | 209°24,4' | 23°24,4' | 205°36,2' | 23°52,3' | 206°59,3' | 24°09,8' | 308°29,9' | +13,9' | 7°23,0' | -11,0' |
| 4 | 332°37,0' | 239°24,2' | 23°24,3' | 235°34,5' | 23°52,2' | 237°00,5' | 24°09,8' | 337°35,6' | +13,9' | 7°01,0' | -11,1' |
| 5 | 347°39,4' | 254°24,0' | 23°24,2' | 250°33,6' | 23°52,2' | 252°01,2' | 24°09,7' | 352°08,5' | +13,9' | 6°49,9' | -11,1' |
| 7 | 17°44,4' | 284°23,8' | 23°24,1' | 280°31,8' | 23°52,0' | 282°02,5' | 24°09,6' | 21°14,2' | +13,8' | 6°27,6' | -11,2' |
| 8 | 32°46,8' | 299°23,6' | 23°24,1' | 295°30,9' | 23°52,0' | 297°03,1' | 24°09,6' | 35°47,1' | +13,8' | 6°16,4' | -11,2' |
| 9 | 47°49,3' | 314°23,5' | 23°24,0' | 310°30,0' | 23°51,9' | 312°03,7' | 24°09,5' | 50°19,9' | +13,8' | 6°05,2' | -11,3' |
| 10 | 62°51,8' | 329°23,4' | 23°24,0' | 325°29,1' | 23°51,9' | 327°04,4' | 24°09,5' | 64°52,7' | +13,8' | 5°53,9' | -11,3' |
| 11 | 77°54,2' | 344°23,2' | 23°23,9' | 340°28,2' | 23°51,8' | 342°05,0' | 24°09,4' | 79°25,5' | +13,8' | 5°42,6' | -11,3' |
| 12 | 92°56,7' | 359°23,1' | 23°23,8' | 355°27,3' | 23°51,7' | 357°05,7' | 24°09,4' | 93°58,3' | +13,8' | 5°31,3' | -11,4' |
| 15 | 138°04,1' | 44°22,7' | 23°23,8' | 40°24,6' | 23°51,5' | 42°07,6' | 24°09,2' | 137°36,6' | +13,7' | 4°57,0' | -11,5' |
| 17 | 168°09,0' | 74°22,4' | 23°23,5' | 70°22,8' | 23°51,4' | 72°08,8' | 24°09,1' | 166°42,1' | +13,7' | 4°34,0' | -11,6' |
| 18 | 183°11,5' | 89°22,3' | 23°23,5' | 85°21,9' | 23°51,3' | 87°09,5' | 24°09,0' | 181°14,8' | +13,7' | 4°22,4' | -11,6' |
| 21 | 228°18,9' | 134°21,9' | 23°23,3' | 130°19,2' | 23°51,0' | 132°11,4' | 24°08,9' | 224°52,8' | +13,6' | 3°47,5' | -11,6' |
| 22 | 243°21,3' | 149°21,8' | 23°23,2' | 145°18,3' | 23°51,0' | 147°12,0' | 24°08,8' | 239°25,4' | +13,6' | 3°35,9' | -11,8' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,8' | -0,1' | +0,1' | -0,1' | +1,6' | 0' | 15,2' | 55,7' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|-----------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 25 июня (воскресенье) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 273°26,3' | 179°21,5' | N 23°23,1' | 175°16,6' | N 23°50,8' | 177°13,3' | N 24°08,7' | 268°30,6' | +13,6' | S 3°12,4' | -11,8' |
| 2 | 303°31,2' | 209°21,2' | 23°22,9' | 205°14,8' | 23°50,6' | 207°14,6' | 24°08,6' | 297°35,7' | +13,5' | 2°48,8' | -11,8' |
| 4 | 333°36,1' | 239°21,0' | 23°22,8' | 235°13,0' | 23°50,5' | 237°15,9' | 24°08,5' | 326°40,7' | +13,5' | 2°25,1' | -11,8' |
| 5 | 348°38,6' | 254°20,8' | 23°22,7' | 250°12,1' | 23°50,4' | 252°16,5' | 24°08,4' | 341°13,2' | +13,4' | 2°13,3' | -12,0' |
| 7 | 18°43,5' | 284°20,6' | 23°22,6' | 280°10,3' | 23°50,2' | 282°17,8' | 24°08,3' | 10°18,0' | +13,4' | 1°49,4' | -11,9' |
| 8 | 33°46,0' | 299°20,4' | 23°22,5' | 295°09,4' | 23°50,1' | 297°18,4' | 24°08,3' | 24°50,3' | +13,3' | 1°37,5' | -12,0' |
| 9 | 48°48,4' | 314°20,3' | 23°22,4' | 310°08,5' | 23°50,0' | 312°19,1' | 24°08,2' | 39°22,7' | +13,3' | 1°25,5' | -12,0' |
| 10 | 63°50,9' | 329°20,2' | 23°22,4' | 325°07,6' | 23°49,9' | 327°19,7' | 24°08,1' | 53°55,0' | +13,3' | 1°13,5' | -12,0' |
| 11 | 78°53,4' | 344°20,0' | 23°22,3' | 340°06,7' | 23°49,8' | 342°20,4' | 24°08,1' | 68°27,2' | +13,2' | 1°01,5' | -12,1' |
| 12 | 93°55,8' | 359°19,9' | 23°22,2' | 355°05,8' | 23°49,7' | 357°21,0' | 24°08,0' | 82°59,5' | +13,2' | 0°49,4' | -12,0' |
| 15 | 139°03,2' | 44°19,5' | 23°22,0' | 40°03,1' | 23°49,4' | 42°22,9' | 24°07,8' | 126°36,0' | +13,1' | 0°13,2' | -12,1' |
| 17 | 169°08,2' | 74°19,2' | 23°21,8' | 70°01,4' | 23°49,2' | 72°24,2' | 24°07,7' | 155°40,1' | +13,0' | N 0°11,0' | +12,2' |
| 18 | 184°10,6' | 89°19,1' | 23°21,8' | 85°00,5' | 23°49,1' | 87°24,9' | 24°07,7' | 170°12,1' | +13,0' | 0°23,2' | +12,1' |
| 21 | 229°18,0' | 134°18,7' | 23°21,5' | 129°57,8' | 23°48,8' | 132°26,8' | 24°07,5' | 213°47,9' | +12,8' | 0°59,7' | +12,1' |
| 22 | 244°20,5' | 149°18,6' | 23°21,4' | 144°56,9' | 23°48,7' | 147°27,4' | 24°07,4' | 228°19,7' | +12,8' | N 1°11,8' | +12,2' |
| 26 июня (понедельник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 274°25,4' | 179°18,3' | N 23°21,3' | 174°55,1' | N 23°48,4' | 177°28,7' | N 24°07,3' | 257°23,2' | +12,7' | S 1°36,3' | +12,2' |
| 2 | 304°30,3' | 209°18,0' | 23°21,1' | 204°53,3' | 23°48,2' | 207°30,0' | 24°07,2' | 286°26,6' | +12,6' | 2°00,7' | +12,2' |
| 4 | 334°35,3' | 239°17,8' | 23°20,9' | 234°51,5' | 23°48,0' | 237°31,3' | 24°07,0' | 315°29,7' | +12,5' | 2°25,2' | +12,2' |
| 5 | 349°37,7' | 254°17,7' | 23°20,8' | 249°50,6' | 23°47,9' | 252°31,9' | 24°07,0' | 330°01,2' | +12,4' | 2°37,4' | +12,3' |
| 7 | 19°42,7' | 284°17,4' | 23°20,7' | 279°48,8' | 23°47,6' | 282°33,2' | 24°06,8' | 359°04,1' | +12,3' | 3°01,9' | +12,3' |
| 8 | 34°45,1' | 299°17,3' | 23°20,6' | 294°48,0' | 23°47,5' | 297°33,8' | 24°06,8' | 13°35,4' | +12,3' | 3°14,2' | +12,2' |
| 9 | 49°47,6' | 314°17,1' | 23°20,5' | 309°47,1' | 23°47,4' | 312°34,5' | 24°06,7' | 28°06,7' | +12,2' | 3°26,4' | +12,3' |
| 10 | 64°50,0' | 329°17,0' | 23°20,4' | 324°46,2' | 23°47,3' | 327°35,1' | 24°06,6' | 42°37,9' | +12,2' | 3°38,7' | +12,2' |
| 11 | 79°52,5' | 344°16,9' | 23°20,3' | 339°45,3' | 23°47,1' | 342°35,8' | 24°06,6' | 57°09,1' | +12,1' | 3°50,9' | +12,3' |
| 12 | 94°55,0' | 359°16,7' | 23°20,2' | 354°44,4' | 23°47,0' | 357°36,4' | 24°06,5' | 71°40,2' | +12,1' | 4°03,2' | +12,2' |
| 15 | 140°02,4' | 44°16,3' | 23°19,9' | 39°41,7' | 23°46,6' | 42°38,3' | 24°06,3' | 115°13,2' | +11,9' | 4°39,9' | +12,2' |
| 17 | 170°07,3' | 74°16,1' | 23°19,7' | 69°39,9' | 23°46,3' | 72°39,6' | 24°06,1' | 144°14,9' | +11,7' | 5°04,4' | +12,2' |
| 18 | 185°09,8' | 89°16,0' | 23°19,6' | 84°39,0' | 23°46,2' | 87°40,3' | 24°06,1' | 158°45,6' | +11,7' | 5°16,6' | +12,2' |
| 21 | 230°17,2' | 134°15,6' | 23°19,3' | 129°36,4' | 23°45,8' | 132°42,2' | 24°05,9' | 202°17,4' | +11,5' | 5°53,2' | +12,1' |
| 22 | 245°19,6' | 149°15,4' | 23°19,2' | 144°35,5' | 23°45,7' | 147°42,8' | 24°05,8' | 216°47,9' | +11,4' | 6°05,3' | +12,2' |
| 27 июня (вторник) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 275°24,5' | 179°15,2' | N 23°19,0' | 174°33,7' | N 23°45,4' | 177°44,1' | N 24°05,6' | 245°48,7' | +11,3' | S 6°29,6' | +12,2' |
| 2 | 305°29,5' | 209°14,9' | 23°18,8' | 204°31,9' | 23°45,1' | 207°45,4' | 24°05,5' | 274°49,1' | +11,1' | 6°53,9' | +12,0' |
| 4 | 335°34,4' | 239°14,7' | 23°18,6' | 234°30,1' | 23°44,8' | 237°46,7' | 24°05,4' | 303°49,3' | +11,0' | 7°18,0' | +12,1' |
| 5 | 350°36,9' | 254°14,5' | 23°18,5' | 249°29,2' | 23°44,7' | 252°47,3' | 24°05,3' | 318°19,3' | +10,9' | 7°30,1' | +12,0' |
| 7 | 20°41,8' | 284°14,3' | 23°18,3' | 279°27,5' | 23°44,4' | 282°48,6' | 24°05,1' | 347°19,0' | +10,7' | 7°54,1' | +11,9' |
| 8 | 35°44,3' | 299°14,1' | 23°18,2' | 294°26,6' | 23°44,2' | 297°49,3' | 24°05,1' | 1°48,7' | +10,7' | 8°06,0' | +12,0' |
| 9 | 50°46,7' | 314°14,0' | 23°18,1' | 309°25,7' | 23°44,1' | 312°49,9' | 24°05,0' | 16°18,4' | +10,6' | 8°18,0' | +11,9' |
| 10 | 65°49,2' | 329°13,9' | 23°18,0' | 324°24,8' | 23°43,9' | 327°50,6' | 24°04,9' | 30°48,0' | +10,5' | 8°29,9' | +11,9' |
| 11 | 80°51,6' | 344°13,7' | 23°17,9' | 339°23,9' | 23°43,7' | 342°51,2' | 24°04,8' | 45°17,5' | +10,4' | 8°41,8' | +11,8' |
| 12 | 95°54,1' | 359°13,6' | 23°17,8' | 354°23,0' | 23°43,6' | 357°51,9' | 24°04,8' | 59°46,9' | +10,3' | 8°53,6' | +11,9' |
| 15 | 141°01,5' | 44°13,2' | 23°17,4' | 39°20,4' | 23°43,1' | 42°53,8' | 24°04,5' | 103°14,7' | +10,1' | 9°29,0' | +11,7' |
| 17 | 171°06,4' | 74°13,0' | 23°17,2' | 69°18,6' | 23°42,8' | 72°55,1' | 24°04,4' | 132°12,8' | +9,9' | 9°52,4' | +11,7' |
| 18 | 186°08,9' | 89°12,8' | 23°17,1' | 84°17,7' | 23°42,6' | 87°55,7' | 24°04,3' | 146°41,7' | +9,8' | 10°04,1' | +11,6' |
| 21 | 231°16,3' | 134°12,5' | 23°16,7' | 129°15,0' | 23°42,1' | 132°57,7' | 24°04,1' | 190°07,9' | +9,6' | 10°38,7' | +11,5' |
| 22 | 246°18,8' | 149°12,3' | 23°16,6' | 144°14,1' | 23°42,0' | 147°58,3' | 24°04,0' | 204°36,5' | +9,5' | 10°50,2' | +11,4' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | p ₀ | | |
| | | +0,8' | -0,1' | +0,1' | -0,2' | +1,6' | -0,1' | 15,6' | 57,3' | | |

| Т _{ГР} ч. | т. Овна t _{ГР} | Солнце | | Венера | | Марс | | Луна | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|-------|----------------|--------|
| | | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | δ | t _{ГР} | Δ | δ | Δ |
| 28 июня (среда) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 276°23,7' | 179°12,1' | N 23°16,4' | 174°12,4' | N 23°41,6' | 177°59,6' | N 24°03,8' | 233°33,4' | +9,3' | S 11°13,0' | +11,4' |
| 2 | 306°28,6' | 209°11,8' | 23°16,1' | 204°10,6' | 23°41,3' | 208°00,9' | 24°03,7' | 262°29,9' | +9,1' | 11°35,6' | +11,3' |
| 4 | 336°33,5' | 239°11,6' | 23°15,9' | 234°08,8' | 23°40,9' | 238°02,2' | 24°03,5' | 291°26,0' | +8,9' | 11°58,0' | +11,2' |
| 5 | 351°36,0' | 254°11,4' | 23°15,8' | 249°07,9' | 23°40,7' | 253°02,8' | 24°03,4' | 305°53,9' | +8,8' | 12°09,2' | +11,0' |
| 7 | 21°40,9' | 284°11,2' | 23°15,5' | 279°06,2' | 23°40,4' | 283°04,1' | 24°03,2' | 334°49,5' | +8,6' | 12°31,2' | +11,0' |
| 8 | 36°43,4' | 299°11,0' | 23°15,4' | 294°05,3' | 23°40,2' | 298°04,8' | 24°03,2' | 349°17,2' | +8,5' | 12°42,2' | +10,8' |
| 9 | 51°45,9' | 314°10,9' | 23°15,3' | 309°04,4' | 23°40,0' | 313°05,4' | 24°03,1' | 3°44,7' | +8,5' | 12°53,0' | +10,9' |
| 10 | 66°48,3' | 329°10,8' | 23°15,2' | 324°03,5' | 23°39,8' | 328°06,1' | 24°03,0' | 18°12,2' | +8,4' | 13°03,9' | +10,7' |
| 11 | 81°50,8' | 344°10,7' | 23°15,0' | 339°02,6' | 23°39,6' | 343°06,7' | 24°02,9' | 32°39,5' | +8,3' | 13°14,6' | +10,7' |
| 12 | 96°53,3' | 359°10,5' | 23°14,9' | 354°01,7' | 23°39,5' | 358°07,4' | 24°02,8' | 47°06,8' | +8,2' | 13°25,3' | +10,6' |
| 15 | 142°00,6' | 44°10,2' | 23°14,5' | 38°59,1' | 23°38,9' | 43°09,3' | 24°02,6' | 90°28,0' | +7,9' | 13°57,0' | +10,4' |
| 17 | 172°05,6' | 74°09,9' | 23°14,3' | 68°57,3' | 23°38,5' | 73°10,6' | 24°02,4' | 119°21,6' | +7,7' | 14°17,7' | +10,3' |
| 18 | 187°08,0' | 89°09,8' | 23°14,1' | 83°56,4' | 23°38,3' | 88°11,3' | 24°02,3' | 133°48,3' | +7,6' | 14°28,0' | +10,1' |
| 21 | 232°15,4' | 134°09,4' | 23°13,7' | 128°53,8' | 23°37,7' | 133°13,2' | 24°02,0' | 177°07,7' | +7,3' | 14°58,3' | +9,9' |
| 22 | 247°17,9' | 149°09,3' | 23°13,6' | 143°52,9' | 23°37,5' | 148°13,9' | 24°02,0' | 191°34,0' | +7,2' | 15°08,2' | +9,8' |
| 29 июня (четверг) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 277°22,8' | 179°09,0' | N 23°13,3' | 173°51,1' | N 23°37,1' | 178°15,2' | N 24°01,8' | 220°26,2' | +7,0' | N 15°27,8' | +9,7' |
| 2 | 307°27,7' | 209°08,8' | 23°13,1' | 203°49,3' | 23°36,7' | 208°16,5' | 24°01,6' | 249°18,1' | +6,8' | 15°47,1' | +9,5' |
| 4 | 337°32,7' | 239°08,5' | 23°12,8' | 233°47,6' | 23°36,3' | 238°17,7' | 24°01,4' | 278°09,5' | +6,6' | 16°06,0' | +9,3' |
| 5 | 352°35,1' | 254°08,4' | 23°12,6' | 248°46,7' | 23°36,1' | 253°18,4' | 24°01,3' | 292°35,1' | +6,5' | 16°15,3' | +9,2' |
| 7 | 22°40,1' | 284°08,1' | 23°12,4' | 278°44,9' | 23°35,7' | 283°19,7' | 24°01,1' | 321°25,9' | +6,3' | 16°33,6' | +9,0' |
| 8 | 37°42,5' | 299°08,0' | 23°12,2' | 293°44,1' | 23°35,5' | 298°20,3' | 24°01,1' | 335°51,2' | +6,2' | 16°42,6' | +9,0' |
| 9 | 52°45,0' | 314°07,9' | 23°12,1' | 308°43,2' | 23°35,3' | 313°21,0' | 24°01,0' | 350°16,4' | +6,1' | 16°51,6' | +8,8' |
| 10 | 67°47,5' | 329°07,7' | 23°11,9' | 323°42,3' | 23°35,1' | 328°21,6' | 24°00,9' | 4°41,4' | +6,0' | 17°00,4' | +8,7' |
| 11 | 82°49,9' | 344°07,6' | 23°11,8' | 338°41,4' | 23°34,9' | 343°22,3' | 24°00,8' | 19°06,4' | +5,9' | 17°09,1' | +8,6' |
| 12 | 97°52,4' | 359°07,5' | 23°11,6' | 353°40,5' | 23°34,6' | 358°22,9' | 24°00,7' | 33°31,3' | +5,8' | 17°17,7' | +8,5' |
| 15 | 142°59,8' | 44°07,1' | 23°11,2' | 38°37,9' | 23°34,0' | 43°24,9' | 24°00,4' | 76°45,4' | +5,5' | 17°42,8' | +8,2' |
| 17 | 173°04,7' | 74°06,9' | 23°10,9' | 68°36,1' | 23°33,5' | 73°26,2' | 24°00,2' | 105°34,3' | +5,3' | 17°59,0' | +8,0' |
| 18 | 188°07,2' | 89°06,7' | 23°10,8' | 83°35,2' | 23°33,3' | 88°26,9' | 24°00,1' | 119°58,6' | +5,2' | 18°07,0' | +7,8' |
| 21 | 233°14,6' | 134°06,4' | 23°10,3' | 128°32,6' | 23°32,7' | 133°28,8' | 23°59,8' | 163°10,9' | +4,9' | 18°30,0' | +7,5' |
| 22 | 248°17,0' | 149°06,2' | 23°10,2' | 143°31,7' | 23°32,4' | 148°29,5' | 23°59,7' | 177°34,9' | +4,8' | 18°37,5' | +7,3' |
| 30 июня (пятница) | | | | | | | | | | | |
| 0 | 278°22,0' | 179°06,0' | N 23°09,9' | 173°30,0' | N 23°32,0' | 178°30,8' | N 23°59,5' | 206°22,5' | +4,7' | N 18°52,0' | +7,1' |
| 2 | 308°26,9' | 209°05,8' | 23°09,6' | 203°28,2' | 23°31,5' | 208°32,1' | 23°59,4' | 235°09,7' | +4,5' | 19°06,0' | +6,8' |
| 4 | 338°31,8' | 239°05,5' | 23°09,2' | 233°26,4' | 23°31,0' | 238°33,4' | 23°59,2' | 263°56,6' | +4,3' | 19°19,5' | +6,6' |
| 5 | 353°34,3' | 254°05,4' | 23°09,1' | 248°25,6' | 23°30,8' | 253°34,0' | 23°59,1' | 278°20,0' | +4,2' | 19°26,1' | +6,4' |
| 7 | 23°39,2' | 284°05,1' | 23°08,8' | 278°23,8' | 23°30,3' | 283°35,3' | 23°58,9' | 307°06,4' | +4,1' | 19°38,7' | +6,2' |
| 8 | 38°41,7' | 299°05,0' | 23°08,6' | 293°22,9' | 23°30,1' | 298°36,0' | 23°58,8' | 321°29,4' | +4,0' | 19°44,9' | +6,0' |
| 9 | 53°44,1' | 314°04,9' | 23°08,5' | 308°22,1' | 23°29,8' | 313°36,6' | 23°58,7' | 335°52,4' | +3,9' | 19°50,9' | +5,8' |
| 10 | 68°46,6' | 329°04,8' | 23°08,3' | 323°21,2' | 23°29,6' | 328°37,3' | 23°58,6' | 350°15,4' | +3,8' | 19°56,7' | +5,8' |
| 11 | 83°49,1' | 344°04,6' | 23°08,1' | 338°20,3' | 23°29,4' | 343°37,9' | 23°58,5' | 4°38,2' | +3,8' | 20°02,5' | +5,5' |
| 12 | 98°51,5' | 359°04,5' | 23°08,0' | 353°19,4' | 23°29,1' | 358°38,6' | 23°58,4' | 19°01,0' | +3,7' | 20°08,0' | +5,5' |
| 15 | 143°58,9' | 44°04,2' | 23°07,5' | 38°16,8' | 23°28,4' | 43°40,5' | 23°58,0' | 62°08,9' | +3,5' | 20°23,9' | +5,0' |
| 17 | 174°03,9' | 74°03,9' | 23°07,2' | 68°15,0' | 23°27,9' | 73°41,9' | 23°57,8' | 90°53,8' | +3,4' | 20°33,7' | +4,7' |
| 18 | 189°06,3' | 89°03,8' | 23°07,0' | 83°14,2' | 23°27,6' | 88°42,5' | 23°57,7' | 105°16,1' | +3,3' | 20°38,4' | +4,5' |
| 21 | 234°13,7' | 134°03,4' | 23°06,5' | 128°11,5' | 23°26,9' | 133°44,5' | 23°57,4' | 148°22,9' | +3,1' | 20°51,5' | +4,1' |
| 22 | 249°16,2' | 149°03,3' | 23°06,3' | 143°10,7' | 23°26,6' | 148°45,1' | 23°57,3' | 162°45,0' | +3,1' | 20°55,6' | +3,9' |
| | | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Rc | | p ₀ | |
| | | +0,9' | -0,2' | +0,1' | -0,2' | +1,6' | -0,1' | 16,6' | | 60,8' | |

ЗВЕЗДЫ. ВИДИМЫЕ МЕСТА, 2000 г.
(выдержка)

с. 270÷275 МАЕ

| № по МАЕ (звезды) | Название звезды (собственное имя звезды) | Звездное дополнение $\tau^* = 360^\circ - \alpha$ Склонение звезды δ | | | | | | |
|-------------------------|--|--|-----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|
| | | | 1 января | ... | 1 июня | 1 июля | ... | 1 декабря |
| 1 | α Андромеды (Альферас) | <u>357°</u> N 29° | <u>54.4'</u> 05,5' | ... | <u>54.2'</u> 05,3' | <u>54.2'</u> 05,3' | ... | <u>53.6'</u> 05,8' |
| 67 | α Льва (Регул) | <u>207°</u> N 11° | <u>54.4'</u> 58,0' | ... | <u>54.4'</u> 58,0' | <u>54.5'</u> 58,0' | ... | <u>53.9'</u> 57,8' |
| 68 | γ Льва (Альгейба) | <u>204°</u> N 19° | <u>60.5'</u> 50,4' | ... | <u>60.4'</u> 50,5' | <u>60.5'</u> 50,5' | ... | <u>59.9'</u> 50,2' |
| 71 | β Б. Медведицы (Мерак) | <u>194°</u> N 56° | <u>32.5'</u> 22,7' | ... | <u>32.4'</u> 23,1' | <u>32.6'</u> 23,1' | ... | <u>32.0'</u> 22,5' |
| 72 | α Б. Медведицы (Дубхе) | <u>194°</u> N 61° | <u>04.2'</u> 44,8' | ... | <u>04.1'</u> 45,3' | <u>04.3'</u> 45,3' | ... | <u>03.7'</u> 44,6' |
| 73 | δ Льва (Цосма) | <u>191°</u> N 20° | <u>28.5'</u> 31,4' | ... | <u>28.3'</u> 31,4' | <u>28.4'</u> 31,5' | ... | <u>28.0'</u> 31,1' |
| 74 | β Льва (Денебола) | <u>182°</u> N 14° | <u>44.3'</u> 34,3' | ... | <u>44.0'</u> 34,3' | <u>44.0'</u> 34,4' | ... | <u>43.8'</u> 34,1' |
| 75 | γ Б. Медведицы (Фекда) | <u>181°</u> N 53° | <u>32.8'</u> 41,5' | ... | <u>32.4'</u> 41,9' | <u>32.6'</u> 41,9' | ... | <u>32.3'</u> 41,3' |
| 87 | ε Б. Медведицы (Алиот) | <u>166°</u> N 55° | <u>29.9'</u> 57,4' | ... | <u>29.3'</u> 57,8' | <u>29.5'</u> 57,8' | ... | <u>29.6'</u> 57,2' |
| 92 | α Девы (Спика) | <u>158°</u> S 11° | <u>42.4'</u> 09,5' | ... | <u>41.8'</u> 09,8' | <u>41.9'</u> 09,8' | ... | <u>41.9'</u> 09,7' |
| 94 | η Б. Медведицы (Бенетнаш) | <u>153°</u> N 49° | <u>07.3'</u> 18,7' | ... | <u>06.6'</u> 19,0' | <u>06.7'</u> 19,0' | ... | <u>07.0'</u> 18,5' |
| 99 | α Волопаса (Арктур) | <u>146°</u> N 19° | <u>05.5'</u> 10,9' | ... | <u>04.8'</u> 11,0' | <u>04.8'</u> 11,0' | ... | <u>05.0'</u> 10,8' |
| 106 | β М. Медведицы (Кохаб) | <u>137°</u> N 74° | <u>20.4'</u> 09,2' | ... | <u>18.5'</u> 09,5' | <u>18.9'</u> 09,6' | ... | <u>20.7'</u> 09,1' |
| 109 | β Весов (Цубен- Эльшемали) | <u>130°</u> S 9° | <u>45.3'</u> 22,8' | ... | <u>44.5'</u> 23,0' | <u>44.5'</u> 23,0' | ... | <u>44.8'</u> 23,0' |
| 111 | α Северной Короны (Альфакка) | <u>126°</u> N 26° | <u>20.2'</u> 42,9' | ... | <u>19.3'</u> 42,9' | <u>19.3'</u> 43,0' | ... | <u>19.7'</u> 42,8' |
| 130 | α Змееносца (Расальхагуэ) | <u>96°</u> N 12° | <u>16.5'</u> 33,7' | ... | <u>15.6'</u> 33,6' | <u>15.5'</u> 33,7' | ... | <u>15.9'</u> 33,7' |
| 134 | γ Дракона (Эльтанин) | <u>90°</u> N 51° | <u>51.6'</u> 29,4' | ... | <u>50.4'</u> 29,3' | <u>50.3'</u> 29,5' | ... | <u>51.2'</u> 29,5' |
| 139 | α Лиры (Вега) | <u>80°</u> N 38° | <u>46.5'</u> 47,1' | ... | <u>45.5'</u> 47,0' | <u>45.4'</u> 47,1' | ... | <u>46.0'</u> 47,2' |
| 147 | γ Лебеда (Садир) | <u>54°</u> N 40° | <u>27.1'</u> 15,5' | ... | <u>26.2'</u> 15,3' | <u>26.0'</u> 15,4' | ... | <u>26.5'</u> 15,8' |
| 151 | α Цефея (Альдерамин) | <u>40°</u> N 62° | <u>21.8'</u> 35,3' | ... | <u>20.9'</u> 34,9' | <u>20.6'</u> 35,0' | ... | <u>21.3'</u> 35,6' |
| 160 | α М. Медведицы (Полярная) | <u>321°</u> N 89° | <u>48.4'</u> 16,0' | ... | <u>78.1'</u> 15,6' | <u>67.8'</u> 15,6' | ... | <u>27.5'</u> 16,1' |

АЗИМУТ ПОЛЯРНОЙ, 2000 г.

Таблица 3.36 (с. 371) МТ-2000 (выдержка)

с. 276 МАЕ

| t_M^Y | Широта (северная) | | | | | | | | | | | t_M^Y | |
|---------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|
| | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 65° | 70° | 72° | 74° | | |
| 40° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 40° |
| 50° | 0,1° | 0,1° | 0,1° | 0,1° | 0,2° | 0,2° | 0,2° | 0,3° | 0,4° | 0,4° | 0,4° | 0,5° | 30° |
| 60° | 0,2° | 0,2° | 0,3° | 0,3° | 0,3° | 0,4° | 0,5° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 0,8° | 0,9° | 20° |
| 70° | 0,3° | 0,4° | 0,4° | 0,4° | 0,5° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 1,1° | 1,2° | 1,2° | 1,3° | 10° |
| 80° | 0,4° | 0,5° | 0,5° | 0,5° | 0,6° | 0,7° | 0,9° | 1,1° | 1,4° | 1,5° | 1,5° | 1,7° | 0° |
| 90° | 0,5° | 0,5° | 0,6° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 1,1° | 1,3° | 1,6° | 1,8° | 1,8° | 2,0° | 350° |
| 100° | 0,6° | 0,6° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,2° | 1,5° | 1,8° | 2,0° | 2,0° | 2,2° | 340° |
| 110° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,0° | 1,3° | 1,6° | 1,9° | 2,2° | 2,2° | 2,4° | 330° |
| 120° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,1° | 1,4° | 1,6° | 2,0° | 2,2° | 2,2° | 2,5° | 320° |
| 130° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,1° | 1,4° | 1,7° | 2,0° | 2,3° | 2,3° | 2,5° | 310° |
| 140° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,1° | 1,4° | 1,6° | 2,0° | 2,2° | 2,2° | 2,5° | 300° |
| 150° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,0° | 1,3° | 1,5° | 1,9° | 2,1° | 2,1° | 2,4° | 290° |
| 160° | 0,6° | 0,6° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 0,9° | 1,2° | 1,4° | 1,7° | 1,9° | 1,9° | 2,2° | 280° |
| 170° | 0,5° | 0,5° | 0,6° | 0,6° | 0,7° | 0,8° | 1,1° | 1,2° | 1,5° | 1,7° | 1,7° | 1,9° | 270° |
| 180° | 0,4° | 0,5° | 0,5° | 0,5° | 0,6° | 0,7° | 0,9° | 1,0° | 1,3° | 1,4° | 1,4° | 1,6° | 260° |
| 190° | 0,3° | 0,4° | 0,4° | 0,4° | 0,5° | 0,5° | 0,7° | 0,8° | 1,0° | 1,1° | 1,1° | 1,2° | 250° |
| 200° | 0,2° | 0,2° | 0,3° | 0,3° | 0,3° | 0,4° | 0,5° | 0,6° | 0,7° | 0,7° | 0,7° | 0,8° | 240° |
| 210° | 0,1° | 0,1° | 0,1° | 0,1° | 0,2° | 0,2° | 0,2° | 0,3° | 0,3° | 0,4° | 0,4° | 0,4° | 230° |
| 220° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 0,0° | 220° |

t_M^Y слева – азимут Полярной NW; t_M^Y справа – азимут Полярной NE

ШИРОТА ПО ВЫСОТЕ ПОЛЯРНОЙ, 2000 г.
(выдержка)

с. 277÷280 МАЕ

а) Таблица I (I попр.)

| t_M^Y | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0°00' | -34,6' | -38,8' | -41,8' | -43,5' | -44,0' | -43,1' | -40,8' | -37,4' | -32,8' |
| 1°00' | -35,0' | -39,1' | -42,0' | -43,6' | -43,9' | -42,9' | -40,5' | -37,0' | -32,3' |
| 2°00' | -35,5' | -39,5' | -42,2' | -43,7' | -43,9' | -42,7' | -40,2' | -36,5' | -31,7' |
| 3°00' | -35,9' | -39,8' | -42,4' | -43,8' | -43,8' | -42,5' | -39,9' | -36,1' | -31,2' |
| 4°00' | -36,4' | -40,1' | -42,6' | -43,9' | -43,8' | -42,3' | -39,6' | -35,7' | -30,7' |
| 5°00' | -36,8' | -40,4' | -42,8' | -43,9' | -43,7' | -42,1' | -39,3' | -35,2' | -30,1' |
| 6°00' | -37,2' | -40,7' | -43,0' | -44,0' | -43,6' | -41,9' | -38,9' | -34,7' | -29,5' |
| 7°00' | -37,6' | -41,0' | -43,1' | -44,0' | -43,5' | -41,6' | -38,5' | -34,3' | -29,0' |
| 8°00' | -38,0' | -41,3' | -43,3' | -44,0' | -43,3' | -41,4' | -38,2' | -33,8' | -28,4' |
| 9°00' | -38,4' | -41,5' | -43,4' | -44,0' | -43,2' | -41,1' | -37,8' | -33,3' | -27,8' |

| t_M^Y | 90° | 100° | 110° | 120° | 130° | 140° | 150° | 160° | 170° |
|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 0°00' | -27,2' | -20,8' | -13,7' | -6,3' | +1,4' | +9,0' | +16,3' | +23,2' | +29,3' |
| 1°00' | -26,6' | -20,1' | -13,0' | -5,5' | +2,2' | +9,7' | +17,0' | +23,8' | +29,9' |
| 2°00' | -26,0' | -19,4' | -12,3' | -4,7' | +2,9' | +10,5' | +17,8' | +24,5' | +30,4' |
| 3°00' | -25,3' | -18,7' | -11,7' | -4,0' | +3,7' | +11,2' | +18,5' | +25,1' | +30,1' |
| 4°00' | -24,7' | -18,0' | -10,8' | -3,2' | +4,5' | +12,0' | +19,1' | +25,7' | +31,5' |
| 5°00' | -24,1' | -17,3' | -10,0' | -2,4' | +5,2' | +12,7' | +19,8' | +26,4' | +32,1' |
| 6°00' | -23,4' | -16,6' | -9,3' | -1,7' | +6,0' | +13,5' | +20,5' | +27,0' | +32,6' |
| 7°00' | -22,8' | -15,9' | -8,5' | -0,9' | +6,7' | +14,2' | +21,2' | +27,6' | +33,1' |
| 8°00' | -22,1' | -15,2' | -7,8' | -0,1' | +7,5' | +14,9' | +21,9' | +28,2' | +33,6' |
| 9°00' | -21,5' | -14,5' | -7,0' | +0,6' | +8,2' | +15,6' | +22,5' | +28,7' | +34,1' |

| t_M^Y | 180° | 190° | 200° | 210° | 220° | 230° | 240° | 250° | 260° |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0°00' | +34,6' | +38,8' | +41,8' | +43,5' | +44,0' | +43,1' | +40,8' | +37,4' | +32,8' |
| 1°00' | +35,0' | +39,1' | +42,0' | +43,6' | +43,9' | +42,9' | +40,5' | +37,0' | +32,3' |
| 2°00' | +35,5' | +39,5' | +42,2' | +43,7' | +43,9' | +42,7' | +40,2' | +36,5' | +31,7' |
| 3°00' | +35,9' | +39,8' | +42,4' | +43,8' | +43,8' | +42,5' | +39,9' | +36,1' | +31,2' |
| 4°00' | +36,4' | +40,1' | +42,6' | +43,9' | +43,8' | +42,3' | +39,6' | +35,7' | +30,7' |
| 5°00' | +36,8' | +40,4' | +42,8' | +43,9' | +43,7' | +42,1' | +39,3' | +35,2' | +30,1' |
| 6°00' | +37,2' | +40,7' | +43,0' | +44,0' | +43,6' | +41,9' | +38,9' | +34,7' | +29,5' |
| 7°00' | +37,6' | +41,0' | +43,1' | +44,0' | +43,5' | +41,6' | +38,5' | +34,3' | +29,0' |
| 8°00' | +38,0' | +41,3' | +43,3' | +44,0' | +43,3' | +41,4' | +38,2' | +33,8' | +28,4' |
| 9°00' | +38,4' | +41,5' | +43,4' | +44,0' | +43,2' | +41,1' | +37,8' | +33,3' | +27,8' |

Для $t_M^Y = 205°30' \rightarrow$ I попр. = +42,9' (2000 г.)

Табл. I (продолжение)

| t_M^{γ} | 270° | 280° | 290° | 300° | 310° | 320° | 330° | 340° | 350° |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 0°00' | +27,2' | +20,8' | +13,7' | +6,3' | - 1,4' | - 9,0' | - 16,3' | - 23,2' | - 29,3' |
| 1°00' | +26,6' | +20,1' | +13,0' | +5,5' | - 2,2' | - 9,7' | - 17,0' | - 23,8' | - 29,9' |
| 2°00' | +26,0' | +19,4' | +12,3' | +4,7' | - 2,9' | - 10,5' | - 17,8' | - 24,5' | - 30,4' |
| 3°00' | +25,3' | +18,7' | +11,5' | +4,0' | - 3,7' | - 11,2' | - 18,5' | - 25,1' | - 31,0' |
| 4°00' | +24,7' | +18,0' | +10,8' | +3,2' | - 4,5' | - 12,0' | - 19,1' | - 25,7' | - 31,5' |
| 5°00' | +24,1' | +17,3' | +10,0' | +2,4' | - 5,2' | - 12,7' | - 19,8' | - 26,4' | - 32,1' |
| 6°00' | +23,4' | +16,6' | +9,3' | +1,7' | - 6,0' | - 13,5' | - 20,5' | - 27,0' | - 32,6' |
| 7°00' | +22,8' | +15,9' | +8,5' | +0,9' | - 6,7' | - 14,2' | - 21,2' | - 27,6' | - 33,1' |
| 8°00' | +22,1' | +15,2' | +7,8' | +0,1' | - 7,5' | - 14,9' | - 21,9' | - 28,2' | - 33,6' |
| 9°00' | +21,5' | +14,5' | +7,0' | - 0,6' | - 8,2' | - 15,6' | - 22,5' | - 28,7' | - 34,1' |

б) Таблица II (II попр. → всегда положительная)

| t_M^{γ} | | Высота h | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 10° | 20° | 30° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 72° |
| 0° | 180° | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' |
| 10° | 190° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' |
| 20° | 200° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' |
| 30° | 210° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' |
| 40° | 220° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' |
| 50° | 230° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' |
| 60° | 240° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' |
| 70° | 250° | 0,0' | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' |
| 80° | 260° | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' |
| 90° | 270° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,5' |
| 100° | 280° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' | 0,7' |
| 110° | 290° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,4' | 0,5' | 0,7' | 0,8' |
| 120° | 300° | 0,0' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' | 0,8' | 0,8' |
| 130° | 310° | 0,0' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' | 0,8' | 0,9' |
| 140° | 320° | 0,0' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' | 0,7' | 0,8' |
| 150° | 330° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,7' | 0,7' |
| 160° | 340° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,4' | 0,4' | 0,6' | 0,6' |
| 170° | 350° | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' | 0,4' | 0,5' |
| 180° | 360° | 0,0' | 0,0' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,1' | 0,2' | 0,2' | 0,2' | 0,3' | 0,3' |

Для $t_M^{\gamma} = 130^{\circ}(310^{\circ})$ и $h = 72^{\circ} \rightarrow$ II попр. = +0,9' (2000 г.)

в) Таблица III (III попр.)

| t_M^{γ} | 1.01. | 1.02. | 1.03. | 1.04. | 1.05. | 1.06. | 1.07. | 1.08. | 1.09. | 1.10. |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0° | 0,0' | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,5' | -0,5' | -0,5' | -0,4' | -0,2' | -0,1' |
| 15 | 0,0' | 0,0' | -0,1' | -0,2' | -0,4' | -0,5' | -0,5' | -0,5' | -0,3' | -0,1' |
| 30 | 0,0' | 0,0' | 0,0' | -0,1' | -0,3' | -0,4' | -0,5' | -0,5' | -0,4' | -0,2' |
| 45 | 0,0' | +0,1' | +0,1' | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,4' | -0,4' | -0,3' |
| 60 | 0,0' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | -0,1' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,4' | -0,3' |
| 75 | 0,0' | +0,1' | +0,2' | +0,2' | +0,1' | -0,1' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,3' |
| 90 | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,3' | +0,2' | +0,1' | -0,1' | -0,2' | -0,3' | -0,3' |
| 105 | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,3' | +0,2' | 0,0' | -0,1' | -0,2' | -0,3' |
| 120 | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,4' | +0,3' | +0,2' | 0,0' | -0,1' | -0,2' |
| 135 | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,5' | +0,4' | +0,3' | +0,1' | -0,0' | -0,2' |
| 150 | 0,0' | +0,1' | +0,3' | +0,4' | +0,5' | +0,5' | +0,4' | +0,2' | +0,1' | -0,1' |
| 165 | 0,0' | +0,1' | +0,2' | +0,4' | +0,5' | +0,5' | +0,5' | +0,3' | +0,2' | 0,0' |
| 180 | 0,0' | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,5' | +0,5' | +0,5' | +0,4' | +0,2' | +0,1' |
| 195 | 0,0' | 0,0' | +0,1' | +0,2' | +0,4' | +0,5' | +0,5' | +0,5' | +0,3' | +0,1' |
| 210 | 0,0' | 0,0' | 0,0' | +0,1' | +0,3' | +0,4' | +0,5' | +0,5' | +0,4' | +0,2' |
| 225 | 0,0' | -0,1' | -0,1' | 0,0' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,4' | +0,4' | +0,3' |
| 240 | 0,0' | -0,1' | -0,1' | -0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,4' | +0,3' |
| 255 | 0,0' | -0,1' | -0,2' | -0,2' | -0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,3' |
| 270 | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,3' | -0,2' | -0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,3' |
| 285 | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | 0,0' | +0,1' | +0,2' | +0,3' |
| 300 | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | 0,0' | +0,1' | +0,2' |
| 315 | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,4' | -0,5' | -0,4' | -0,3' | -0,1' | 0,0' | +0,2' |
| 330 | 0,0' | -0,1' | -0,3' | -0,4' | -0,5' | -0,5' | -0,4' | -0,2' | -0,1' | +0,1' |
| 345 | 0,0' | -0,1' | -0,2' | -0,4' | -0,5' | -0,5' | -0,5' | -0,3' | -0,2' | 0,0' |
| 360 | 0,0' | 0,0' | -0,2' | -0,3' | -0,5' | -0,5' | -0,5' | -0,4' | -0,2' | -0,1' |

Для $t_M^{\gamma} = 185^{\circ}$ на 10 июня → III попр. = +0,5' (2000 г.)

Таблицы поправок к моментам восхода и захода Солнца и Луны, сумерек и кульминаций светил

А. Поправки за широту

(Знак поправки одинаков со знаком разности моментов Δ)

с. 281 МАЕ

| Табличный интервал широт | Разность широт $\Delta\varphi$ | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| | 2° | 0°12' | 0°24' | 0°36' | 0°48' | 1°00' | 1°12' | 1°24' | 1°36' | 1°48' | 2°00' |
| 5 | 0 30 | 1 00 | 1 30 | 2 00 | 2 30 | 3 00 | 3 30 | 4 00 | 4 30 | 5 00 | |
| 10 | 1 00 | 2 00 | 3 00 | 4 00 | 5 00 | 6 00 | 7 00 | 8 00 | 9 00 | 10 00 | |
| Табличные разности моментов Δ для соединяющих широт | 0 ^ч 04 ^м | 0 ^м | 1 ^м | 1 ^м | 2 ^м | 2 ^м | 2 ^м | 2 ^м | 3 ^м | 3 ^м | 4 ^м |
| | 08 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 12 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| | 16 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 |
| | 20 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| | 0 24 | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 14 | 16 | 19 | 22 | 24 |
| | 28 | 3 | 5 | 8 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 28 |
| | 32 | 3 | 6 | 9 | 12 | 14 | 18 | 22 | 25 | 28 | 32 |
| | 36 | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| | 40 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 21 | 26 | 31 | 35 | 40 |
| | 0 44 | 4 | 7 | 11 | 14 | 18 | 23 | 28 | 33 | 38 | 44 |
| | 48 | 4 | 7 | 11 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 41 | 48 |
| | 52 | 4 | 8 | 12 | 16 | 21 | 26 | 32 | 38 | 45 | 52 |
| | 56 | 4 | 8 | 12 | 17 | 21 | 26 | 33 | 40 | 48 | 56 |
| | 1 00 | 4 | 9 | 13 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 51 | 1 ^ч 00 |
| | 1 04 | 4 | 9 | 14 | 19 | 24 | 30 | 37 | 44 | 54 | 1 04 |
| | 08 | 4 | 9 | 14 | 19 | 24 | 30 | 38 | 46 | 56 | 1 08 |
| | 12 | 4 | 9 | 14 | 19 | 25 | 31 | 39 | 48 | 59 | 1 12 |
| | 16 | 4 | 9 | 14 | 19 | 25 | 32 | 40 | 50 | 1 ^ч 02 | 1 16 |
| | 20 | 5 | 10 | 15 | 20 | 26 | 33 | 41 | 52 | 1 05 | 1 20 |
| 1 24 | 5 | 10 | 15 | 21 | 27 | 33 | 42 | 54 | 1 08 | 1 24 | |
| 28 | 5 | 10 | 16 | 22 | 28 | 34 | 43 | 56 | 1 11 | 1 28 | |
| 32 | 5 | 10 | 16 | 22 | 28 | 35 | 44 | 58 | 1 14 | 1 32 | |
| 36 | 5 | 10 | 16 | 23 | 29 | 37 | 46 | 1 ^ч 00 | 1 17 | 1 36 | |
| 40 | 5 | 11 | 17 | 23 | 30 | 39 | 48 | 1 02 | 1 20 | 1 40 | |

Б. Поправка за долготу

(Знак поправки одинаков со знаком Сут. изм.)

с. 282 МАЕ

| λ | Суточные изменения (Сут. изм.) | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 4 ^М | 8 ^М | 12 ^М | 16 ^М | 20 ^М | 24 ^М | 28 ^М | 32 ^М | 36 ^М | 40 ^М | 44 ^М | 48 ^М | 52 ^М | 56 ^М | 60 ^М |
| 10° | 0 ^М | 0 ^М | 0 ^М | 0 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 1 ^М | 2 ^М | 2 ^М |
| 20 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 30 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 40 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 50 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 60 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| 70 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 80 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 90 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 100 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 |
| 110 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 120 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 19 | 20 |
| 130 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 20 | 22 |
| 140 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 | 17 | 19 | 20 | 22 | 23 |
| 150 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 |
| 160 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 27 |
| 170 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 26 | 28 |
| 180 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ИСПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕННЫХ ВЫСОТ СВЕТИЛ

А) Приведение высот к одному зениту (Δh_z)

| $V_{уз}$ | КУРСОВОЙ УГОЛ НА СВЕТИЛО | | | | | | | | | | $V_{уз}$ |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------|
| | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° | |
| | 360° | 350° | 340° | 330° | 320° | 310° | 300° | 290° | 280° | 270° | |
| | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| 4 | 0,07' | 0,07' | 0,06' | 0,06' | 0,05' | 0,04' | 0,03' | 0,02' | 0,01' | 0,0 | 4 |
| 6 | 0,1' | 0,1' | 0,09' | 0,09 | 0,08' | 0,06' | 0,05' | 0,03' | 0,02' | 0,0 | 6 |
| 8 | 0,13' | 0,13' | 0,13' | 0,12' | 0,10' | 0,09' | 0,07' | 0,05' | 0,02' | 0,0 | 8 |
| 10 | 0,17' | 0,16' | 0,16' | 0,14' | 0,13' | 0,11' | 0,08' | 0,06' | 0,03' | 0,0 | 10 |
| 12 | 0,20' | 0,20' | 0,19' | 0,17' | 0,15' | 0,13' | 0,10' | 0,07' | 0,03' | 0,0 | 12 |
| 14 | 0,23' | 0,23' | 0,22' | 0,20' | 0,18' | 0,15' | 0,12' | 0,08' | 0,04' | 0,0 | 14 |
| 16 | 0,27 | 0,26' | 0,25' | 0,23' | 0,20' | 0,17' | 0,13' | 0,09' | 0,05' | 0,0 | 16 |
| 18 | 0,30' | 0,30' | 0,28 | 0,26' | 0,23' | 0,19' | 0,15' | 0,10' | 0,05' | 0,0 | 18 |
| 20 | 0,33' | 0,33' | 0,31 | 0,29' | 0,26' | 0,21' | 0,17' | 0,11' | 0,06' | 0,0 | 20 |
| 22 | 0,37' | 0,36' | 0,34 | 0,32' | 0,28' | 0,24' | 0,18' | 0,13' | 0,06' | 0,0 | 22 |
| 24 | 0,40' | 0,39' | 0,38 | 0,35' | 0,31' | 0,26' | 0,20' | 0,14' | 0,07' | 0,0 | 24 |
| 26 | 0,43' | 0,43' | 0,41 | 0,38' | 0,33' | 0,28' | 0,22' | 0,15' | 0,08' | 0,0 | 26 |
| 28 | 0,47' | 0,46' | 0,44 | 0,40' | 0,36' | 0,30' | 0,23' | 0,16' | 0,08' | 0,0 | 28 |
| | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | |
| $V_{уз}$ | 180° | 190° | 200° | 210° | 220° | 230° | 240° | 250° | 260° | 270° | $V_{уз}$ |
| | 180° | 170° | 160° | 150° | 140° | 130° | 120° | 110° | 100° | 90° | |
| | КУРСОВОЙ УГОЛ НА СВЕТИЛО | | | | | | | | | | |

Б) Дополнительная поправка для планет Венеры и Марса (Δh_a)

(придается к видимой высоте Венеры и Марса)

| $h_{вид}$ | ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ЭКВАТОРИАЛЬНЫЙ ПАРАЛЛАКС (p_0) | | | | | | |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 0,0' | 0,1' | 0,2' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' |
| 0° | 0,0' | 0,1' | 0,2' | 0,3' | 0,4' | 0,5' | 0,6' |
| 30° | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 60° | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| 90° | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Примечание: на 2000 г. для Венеры и Марса $p_0 = 0,1'$

В) Поправка за наклонение зрительного луча (Δh_{dn})

(вычитается из измеренной высоты светила)

| S до берега (мили) | ВОЗВЫШЕНИЕ ГЛАЗА В МЕТРАХ | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
| 0,5 | 11,3 | 12,8 | 15,0 | 16,9 | 18,8 | 20,6 | 22,5 | 24,3 | 26,2 |
| 1,0 | 6,0 | 6,9 | 7,8 | 8,8 | 9,7 | 10,6 | 11,6 | 12,5 | 13,4 |
| 1,5 | 4,4 | 5,0 | 5,6 | 6,2 | 6,8 | 7,4 | 8,0 | 8,7 | 9,4 |
| 2,0 | 3,6 | 4,1 | 4,6 | 5,0 | 5,5 | 5,9 | 6,4 | 6,9 | 7,3 |
| 2,5 | 3,3 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,8 | 5,1 | 5,5 | 5,9 | 6,2 |
| 3,0 | 3,1 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,4 | 4,7 | 5,0 | 5,3 | 5,6 |
| 3,5 | 3,1 | 3,3 | 3,6 | 3,8 | 4,1 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 5,2 |
| 4,0 | – | – | 3,5 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 4,7 | 4,9 |
| 5,0 | – | – | – | – | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,5 | 4,7 |
| 6,0 | – | – | – | – | – | – | 4,5 | 6,0 | 4,7 |

| S до берега (мили) | ВОЗВЫШЕНИЕ ГЛАЗА В МЕТРАХ | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10 | 11 | 12 | |
| 0,5 | 28,0 | 29,9 | 31,7 | 33,6 | 35,5 | 37,3 | 41,0 | 44,7 | |
| 1,0 | 14,3 | 15,3 | 16,2 | 17,1 | 18,0 | 19,0 | 20,8 | 22,7 | |
| 1,5 | 10,0 | 10,6 | 11,1 | 11,8 | 12,5 | 13,0 | 14,3 | 15,6 | |
| 2,0 | 7,8 | 8,3 | 8,7 | 9,2 | 9,6 | 10,1 | 11,0 | 12,0 | |
| 2,5 | 6,6 | 7,0 | 7,4 | 7,7 | 8,1 | 8,5 | 9,2 | 10,0 | |
| 3,0 | 5,9 | 6,2 | 6,5 | 6,8 | 7,1 | 7,4 | 8,1 | 8,7 | |
| 3,5 | 5,4 | 5,7 | 6,0 | 6,2 | 6,5 | 6,8 | 7,3 | 7,8 | |
| 4,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,8 | 7,2 | |
| 5,0 | 4,9 | 5,1 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,2 | 6,6 | |
| 6,0 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,3 | 5,5 | 5,6 | 5,9 | 6,2 | |

Г) Поправка за наклонение видимого горизонта (Δh_d)

(вычитается из измеренной высоты светила)

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| e_M | 2,0 | 3,0 | 3,3 | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 4,9 | 5,4 | 6,0 | 6,5 | 7,1 |
| $\Delta h'_d$ | 2,5 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,9 | 4,1 | 4,3 | 4,5 | 4,7 |
| e_M | 7,7 | 8,3 | 9,0 | 9,7 | 10,4 | 11,2 | 12,0 | 12,7 | 13,6 | 14,4 | 15,3 |
| $\Delta h'_d$ | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,7 | 6,9 |

Д) Поправка высоты за температуру воздуха (Δh_t)

| $h_{вид}$ | ТЕМПЕРАТУРА (°C) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | -20° | -15° | -10° | -5° | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| 10° | -0,7' | -0,5' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,4' | +0,5' | +0,6' |
| 15° | -0,5' | -0,4' | -0,3' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,3' | +0,3' | +0,4' |
| 20° | -0,3' | -0,3' | -0,2' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,2' | +0,2' | +0,3' |
| 30° | -0,2' | -0,2' | -0,1' | -0,1' | -0,1' | 0 | 0 | 0 | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,2' |

Е) Поправка высоты за давление воздуха (Δh_B)

| $h_{\text{ВИД}}$ | ДАВЛЕНИЕ (мм. рт. ст.) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | 720 | 725 | 730 | 735 | 740 | 745 | 750 | 755 | 760 | 765 | 770 | 775 | 780 |
| 10° | +0,3' | +0,3' | +0,2' | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | -0,1' | -0,1' | -0,1' |
| 15° | +0,2' | +0,2' | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,1' | -0,1' |
| 20° | +0,2' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,1' |
| 30° | +0,1' | +0,1' | +0,1' | +0,1' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ж) Поправка высоты за рефракцию и параллакс

(вычитается из видимой высоты светила)

| | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Вид. h ($h_{\text{ВИД}}$) | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° |
| Солнце ($\Delta h_{\rho}+p$) | 5,2' | 3,4' | 2,5' | 1,9' | 1,5' | 1,3' | 1,0' | 0,9' |
| Звезда (Δh_{ρ}) | 5,3' | 3,6' | 2,6' | 2,1' | 1,7' | 1,4' | 1,2' | 1,0' |
| Вид. h ($h_{\text{ВИД}}$) | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | |
| Солнце ($\Delta h_{\rho}+p$) | 0,7' | 0,6' | 0,5' | 0,4' | 0,3' | 0,2' | 0,1' | |
| Звезда (Δh_{ρ}) | 0,8' | 0,7' | 0,6' | 0,5' | 0,4' | 0,3' | 0,2' | |

З) Общая поправка высоты нижнего края Луны

(прибавляется к видимой высоте ζ)

| Видимая высота ζ | ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ЭКВАТОРИАЛЬНЫЙ ПАРАЛЛАКС ЛУНЫ | | | | | | | |
|------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 54' | 55' | 56' | 57' | 58' | 59' | 60' | 61' |
| 14° | 63.3' | 64.5' | 65.7' | 67.0' | 68.2' | 69.5' | 70.7' | 72.0' |
| 15° | 63.3' | 64.5' | 65.8' | 67.0' | 68.2' | 69.5' | 70.7' | 71.9' |
| 18° | 63.1' | 64.3' | 65.5' | 66.8' | 68.0' | 69.2' | 70.4' | 71.7' |
| 19° | 63.0' | 64.2' | 65.4' | 66.6' | 67.8' | 69.0' | 70.3' | 71.5' |
| 22° | 62.4' | 63.6' | 64.8' | 66.0' | 67.2' | 68.4' | 69.6' | 70.8' |
| 23° | 62.1' | 63.3' | 64.5' | 65.7' | 66.9' | 68.1' | 69.3' | 70.5' |
| 26° | 61.3' | 62.4' | 63.6' | 64.8' | 65.9' | 67.1' | 68.3' | 69.5' |
| 27° | 60.9' | 62.1' | 63.2' | 64.4' | 65.6' | 66.7' | 67.9' | 69.1' |
| 30° | 59.8' | 60.9' | 62.1' | 63.2' | 64.4' | 65.5' | 66.6' | 67.8' |
| 31° | 59.4' | 60.5' | 61.6' | 62.8' | 63.9' | 65.0' | 66.2' | 67.3' |
| 42° | 53.8' | 54.8' | 55.8' | 56.8' | 57.8' | 58.9' | 59.9' | 60.9' |
| 43° | 53.2' | 54.2' | 55.2' | 56.2' | 57.2' | 58.2' | 59.2' | 60.2' |

Таблица для перевода дуговой меры во временную и обратно
с. 288 МАЕ *А. Градусы*

| Градусы | 0° | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | Градусы |
|---------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| 0° | 0 ^ч 00 ^м | 0 ^ч 04 ^м | 0 ^ч 08 ^м | 0 ^ч 12 ^м | 0 ^ч 16 ^м | 0 ^ч 20 ^м | 0 ^ч 24 ^м | 0 ^ч 28 ^м | 0 ^ч 32 ^м | 0 ^ч 36 ^м | 0° |
| 10 | 0 40 | 0 44 | 0 48 | 0 52 | 0 56 | 1 00 | 1 04 | 1 08 | 1 12 | 1 16 | 10 |
| 20 | 1 20 | 1 24 | 1 28 | 1 32 | 1 36 | 1 40 | 1 44 | 1 48 | 1 52 | 1 56 | 20 |
| 30 | 2 00 | 2 04 | 2 08 | 2 12 | 2 16 | 2 20 | 2 24 | 2 28 | 2 32 | 2 36 | 30 |
| 40 | 2 40 | 2 44 | 2 48 | 2 52 | 2 56 | 3 00 | 3 04 | 3 08 | 3 12 | 3 16 | 40 |
| 50 | 3 20 | 3 24 | 3 28 | 3 32 | 3 36 | 3 40 | 3 44 | 3 48 | 3 52 | 3 56 | 50 |
| 60 | 4 00 | 4 04 | 4 08 | 4 12 | 4 16 | 4 20 | 4 24 | 4 28 | 4 32 | 4 36 | 60 |
| 70 | 4 40 | 4 44 | 4 48 | 4 52 | 4 56 | 5 00 | 5 04 | 5 08 | 5 12 | 5 16 | 70 |
| 80 | 5 20 | 5 24 | 5 28 | 5 32 | 5 36 | 5 40 | 5 44 | 5 48 | 5 52 | 5 56 | 80 |
| 90 | 6 00 | 6 04 | 6 08 | 6 12 | 6 16 | 6 20 | 6 24 | 6 28 | 6 32 | 6 36 | 90 |
| 100 | 6 40 | 6 44 | 6 48 | 6 52 | 6 56 | 7 00 | 7 04 | 7 08 | 7 12 | 7 16 | 100 |
| 110 | 7 20 | 7 24 | 7 28 | 7 32 | 7 36 | 7 40 | 7 44 | 7 48 | 7 52 | 7 56 | 110 |
| 120 | 8 00 | 8 04 | 8 08 | 8 12 | 8 16 | 8 20 | 8 24 | 8 28 | 8 32 | 8 36 | 120 |
| 130 | 8 40 | 8 44 | 8 48 | 8 52 | 8 56 | 9 00 | 9 04 | 9 08 | 9 12 | 9 16 | 130 |
| 140 | 9 20 | 9 24 | 9 28 | 9 32 | 9 36 | 9 40 | 9 44 | 9 48 | 9 52 | 9 56 | 140 |
| 150 | 10 00 | 10 04 | 10 08 | 10 12 | 10 16 | 10 20 | 10 24 | 10 28 | 10 32 | 10 36 | 150 |
| 160 | 10 40 | 10 44 | 10 48 | 10 52 | 10 56 | 11 00 | 11 04 | 11 08 | 11 12 | 11 16 | 160 |
| 170 | 11 20 | 11 24 | 11 28 | 11 32 | 11 36 | 11 40 | 11 44 | 11 48 | 11 52 | 11 56 | 170 |
| 180 | 12 00 | 12 04 | 12 08 | 12 12 | 12 16 | 12 20 | 12 24 | 12 28 | 12 32 | 12 36 | 180 |
| 190 | 12 40 | 12 44 | 12 48 | 12 52 | 12 56 | 13 00 | 13 04 | 13 08 | 13 12 | 13 16 | 190 |
| 200 | 13 20 | 13 24 | 13 28 | 13 32 | 13 36 | 13 40 | 13 44 | 13 48 | 13 52 | 13 56 | 200 |
| 210 | 14 00 | 14 04 | 14 08 | 14 12 | 14 16 | 14 20 | 14 24 | 14 28 | 14 32 | 14 36 | 210 |
| 220 | 14 40 | 14 44 | 14 48 | 14 52 | 14 56 | 15 00 | 15 04 | 15 08 | 15 12 | 15 16 | 220 |
| 230 | 15 20 | 15 24 | 15 28 | 15 32 | 15 36 | 15 40 | 15 44 | 15 48 | 15 52 | 15 56 | 230 |
| 240 | 16 00 | 16 04 | 16 08 | 16 12 | 16 16 | 16 20 | 16 24 | 16 28 | 16 32 | 16 36 | 240 |
| 250 | 16 40 | 16 44 | 16 48 | 16 52 | 16 56 | 17 00 | 17 04 | 17 08 | 17 12 | 17 16 | 250 |
| 260 | 17 20 | 17 24 | 17 28 | 17 32 | 17 36 | 17 40 | 17 44 | 17 48 | 17 52 | 17 56 | 260 |
| 270 | 18 00 | 18 04 | 18 08 | 18 12 | 18 16 | 18 20 | 18 24 | 18 28 | 18 32 | 18 36 | 270 |
| 280 | 18 40 | 18 44 | 18 48 | 18 52 | 18 56 | 19 00 | 19 04 | 19 08 | 19 12 | 19 16 | 280 |
| 290 | 19 20 | 19 24 | 19 28 | 19 32 | 19 36 | 19 40 | 19 44 | 19 48 | 19 52 | 19 56 | 290 |
| 300 | 20 00 | 20 04 | 20 08 | 20 12 | 20 16 | 20 20 | 20 24 | 20 28 | 20 32 | 20 36 | 300 |
| 310 | 20 40 | 20 44 | 20 48 | 20 52 | 20 56 | 21 00 | 21 04 | 21 08 | 21 12 | 21 16 | 310 |
| 320 | 21 20 | 21 24 | 21 28 | 21 32 | 21 36 | 21 40 | 21 44 | 21 48 | 21 52 | 21 56 | 320 |
| 330 | 22 00 | 22 04 | 22 08 | 22 12 | 22 16 | 22 20 | 22 24 | 22 28 | 22 32 | 22 36 | 330 |
| 340 | 22 40 | 22 44 | 22 48 | 22 52 | 22 56 | 23 00 | 23 04 | 23 08 | 23 12 | 23 16 | 340 |
| 350 | 23 20 | 23 24 | 23 28 | 23 32 | 23 36 | 23 40 | 23 44 | 23 48 | 23 52 | 23 56 | 350 |

Б. Минуты дуги

| Минуты дуги | 0' | 1' | 2' | 3' | 4' | 5' | 6' | 7' | 8' | 9' | Минуты дуги |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 0' | 0 ^ч 00 ^м | 0 ^ч 04 ^м | 0 ^ч 08 ^м | 0 ^ч 12 ^м | 0 ^ч 16 ^м | 0 ^ч 20 ^м | 0 ^ч 24 ^м | 0 ^ч 28 ^м | 0 ^ч 32 ^м | 0 ^ч 36 ^м | 0' |
| 10 | 0 40 | 0 44 | 0 48 | 0 52 | 0 56 | 1 00 | 1 04 | 1 08 | 1 12 | 1 16 | 10 |
| 20 | 1 20 | 1 24 | 1 28 | 1 32 | 1 36 | 1 40 | 1 44 | 1 48 | 1 52 | 1 56 | 20 |
| 30 | 2 00 | 2 04 | 2 08 | 2 12 | 2 16 | 2 20 | 2 24 | 2 28 | 2 32 | 2 36 | 30 |
| 40 | 2 40 | 2 44 | 2 48 | 2 52 | 2 56 | 3 00 | 3 04 | 3 08 | 3 12 | 3 16 | 40 |
| 50 | 3 20 | 3 24 | 3 28 | 3 32 | 3 36 | 3 40 | 3 44 | 3 48 | 3 52 | 3 56 | 50 |

В. Десятые доли минут дуги

| 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| с | с | с | с | с | с | с | с | с |
| 0.40 | 0.80 | 1.20 | 1.60 | 2.00 | 2.40 | 2.80 | 3.20 | 3.60 |

ОСНОВНЫЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЕ ТАБЛИЦЫ (ОИТ) МАЕ
(выдержки)

с. 290÷319 МАЕ

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ |
|---------------|---------|--------------------|---------------------------------------|-----------|---------------|---------|--------------------|---------------------------------------|
| 0 мин | | | | с | 1 мин | | | |
| 0°00,0' | 0°00,0' | 0°00,0' | 1,0' 0,0' | 00 | 0°15,0' | 0°14,3' | 0°15,0' | 1,0' 0,0' |
| 0°01,3' | 0°01,2' | 0°01,2' | 2,0' 0,0' | 05 | 0°16,3' | 0°15,5' | 0°16,2' | 2,0' 0,1' |
| 0°02,5' | 0°02,4' | 0°02,5' | 5,0' 0,0' | 10 | 0°17,5' | 0°16,7' | 0°17,5' | 5,0' 0,1' |
| 0°03,8' | 0°03,6' | 0°03,7' | 6,0' 0,1' | 15 | 0°18,8' | 0°17,9' | 0°18,7' | 6,0' 0,2' |
| 0°05,0' | 0°04,8' | 0°05,0' | 10,0' 0,1' | 20 | 0°20,1' | 0°19,1' | 0°20,0' | 9,0' 0,3' |
| 0°07,5' | 0°07,2' | 0°07,5' | 17,0' 0,1' | 30 | 0°22,6' | 0°21,5' | 0°22,5' | 10,0' 0,3' |
| 0°10,0' | 0°09,5' | 0°10,0' | 18,0' 0,2' | 40 | 0°25,1' | 0°23,9' | 0°25,0' | 13,0' 0,3' |
| 0°12,5' | 0°11,9' | 0°12,5' | | 50 | 0°27,6' | 0°26,2' | 0°27,5' | 14,0' 0,4' |
| 0°15,0' | 0°14,3' | 0°15,0' | | 60 | 0°30,1' | 0°28,6' | 0°30,0' | 18,0' 0,5' |
| 3 мин | | | | с | 4 мин | | | |
| 0°45,1' | 0°43,0' | 0°44,9' | 0,9' 0,1' | 00 | 1°00,2' | 0°57,3' | 0°59,9' | 0,7' 0,1' |
| 0°47,6' | 0°45,3' | 0°47,4' | 2,5' 0,1' | 10 | 1°02,7' | 0°59,7' | 1°02,4' | 2,0' 0,2' |
| 0°50,1' | 0°47,7' | 0°49,9' | 2,6' 0,2' | 20 | 1°05,2' | 1°02,0' | 1°04,9' | 3,4' 0,3' |
| 0°52,6' | 0°50,1' | 0°52,4' | 4,3' 0,3' | 30 | 1°07,7' | 1°04,4' | 1°07,4' | 4,7' 0,4' |
| 0°55,2' | 0°52,5' | 0°54,9' | 6,0' 0,4' | 40 | 1°10,2' | 1°06,8' | 1°09,9' | 0,5' 6,0' |
| 0°57,7' | 0°54,9' | 0°57,4' | 7,8' 0,5' | 50 | 1°12,7' | 1°09,2' | 1°12,4' | 7,6' 0,6' |
| 1°00,2' | 0°57,3' | 0°59,9' | 9,6' 0,6' | 60 | 1°15,2' | 1°11,6' | 1°14,9' | 8,8' 0,7' |
| 0°57,4' | 0°54,6' | 0°57,2' | 11,2' 0,7' | 49 | 1°12,4' | 1°09,0' | 1°12,2' | 10,0' 0,8' |
| 5 мин | | | | с | 7 мин | | | |
| 1°15,2' | 1°11,6' | 1°14,9' | 0,6' 0,1' | 00 | 1°45,3' | 1°40,2' | 1°44,9' | 0,4' 0,1' |
| 1°17,7' | 1°14,0' | 1°17,4' | 1,7' 0,2' | 10 | 1°47,8' | 1°42,6' | 1°47,4' | 2,0' 0,3' |
| 1°20,2' | 1°16,4' | 1°19,9' | 2,8' 0,3' | 20 | 1°50,3' | 1°45,0' | 1°49,9' | 3,4' 0,5' |
| 1°22,0' | 1°18,0' | 1°21,7' | 3,9' 0,4' | 27 | 1°52,1' | 1°46,7' | 1°51,6' | 5,2' 0,7' |
| 1°22,7' | 1°18,7' | 1°22,4' | 5,0' 0,5' | 30 | 1°52,8' | 1°47,4' | 1°52,4' | 6,8' 0,9' |
| 1°25,2' | 1°21,1' | 1°24,9' | 6,0' 0,6' | 40 | 1°55,3' | 1°49,8' | 1°54,9' | 8,4' 1,1' |
| 1°27,7' | 1°23,5' | 1°27,4' | 7,2' 0,7' | 50 | 1°57,8' | 1°52,1' | 1°57,4' | 10,0' 1,3' |
| 1°30,2' | 1°25,9' | 1°29,9' | 8,2' 0,8' | 60 | 2°00,3' | 1°54,5' | 1°59,9' | 11,6' 1,5' |
| 8 мин | | | | с | 9 мин | | | |
| 2°00,3' | 1°54,5' | 1°59,9' | 0,4' 0,1' | 00 | 2°15,4' | 2°08,9' | 2°14,8' | 0,4' 0,1' |
| 2°01,6' | 1°55,7' | 2°01,1' | 1,1' 0,2' | 05 | 2°16,6' | 2°10,0' | 2°16,1' | 1,6' 0,3' |
| 2°02,8' | 1°56,9' | 2°02,4' | 1,8' 0,3' | 10 | 2°17,9' | 2°11,2' | 2°17,3' | 2,9' 0,5' |
| 2°04,1' | 1°58,1' | 2°03,6' | 3,2' 0,5' | 15 | 2°19,1' | 2°12,4' | 2°18,6' | 4,2' 0,7' |
| 2°05,3' | 1°59,3' | 2°04,9' | 4,6' 0,6' | 20 | 2°20,4' | 2°13,6' | 2°19,8' | 5,4' 0,9' |
| 2°05,6' | 1°59,5' | 2°05,1' | 6,0' 0,9' | 21 | 2°20,6' | 2°13,9' | 2°20,1' | 6,0' 1,0' |
| 2°07,8' | 2°01,7' | 2°07,4' | 7,6' 1,1' | 30 | 2°22,9' | 2°16,0' | 2°22,3' | 7,4' 1,2' |
| 2°10,4' | 2°04,1' | 2°09,9' | 9,0' 1,3' | 40 | 2°25,4' | 2°18,4' | 2°24,8' | 8,6' 1,4' |
| 2°12,9' | 2°06,5' | 2°12,4' | 10,4' 1,5' | 50 | 2°27,9' | 2°20,8' | 2°27,3' | 9,8' 1,6' |
| 2°15,4' | 2°08,9' | 2°14,8' | 11,8' 1,7' | 60 | 2°30,4' | 2°23,2' | 2°29,8' | 11,2' 1,8' |
| 10 мин | | | | с | 11 мин | | | |
| 2°30,4' | 2°23,2' | 2°29,8' | 0,0' 0,0' | 00 | 2°45,5' | 2°37,5' | 2°44,8' | 0,3' 0,1' |
| 2°31,7' | 2°24,4' | 2°31,1' | 0,3' 0,1' | 05 | 2°46,7' | 2°38,7' | 2°46,1' | 1,4' 0,3' |
| 2°32,9' | 2°25,6' | 2°32,3' | 1,5' 0,3' | 10 | 2°48,0' | 2°39,9' | 2°47,3' | 2,4' 0,5' |
| 2°33,4' | 2°26,0' | 2°32,8' | 2,6' 0,5' | 12 | 2°48,5' | 2°40,3' | 2°47,8' | 3,4' 0,7' |
| 2°34,2' | 2°26,7' | 2°33,6' | 3,8' 0,7' | 15 | 2°49,2' | 2°41,1' | 2°48,6' | 4,5' 0,9' |
| 2°35,4' | 2°27,9' | 2°34,8' | 4,9' 0,9' | 20 | 2°50,5' | 2°42,3' | 2°49,8' | 5,5' 1,1' |
| 2°37,9' | 2°30,3' | 2°37,3' | 6,0' 1,1' | 30 | 2°53,0' | 2°44,6' | 2°52,3' | 6,6' 1,3' |
| 2°40,4' | 2°32,7' | 2°39,8' | 7,2' 1,3' | 40 | 2°55,5' | 2°47,0' | 2°54,8' | 7,6' 1,5' |
| 2°42,9' | 2°35,1' | 2°42,3' | 8,4' 1,5' | 50 | 2°58,0' | 2°49,4' | 2°57,3' | 8,8' 1,7' |
| 2°45,5' | 2°37,5' | 2°44,8' | 9,6' 1,7' | 60 | 3°00,5' | 2°51,8' | 2°59,8' | 9,8' 1,9' |

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | |
|-------------------------|---------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|
| 12^{мин} | | | | | с | 13^{мин} | | | | |
| 3°00,5' | 2°51,8' | 2°59,8' | 0,3' | 0,1' | 00 | 3°15,5' | 3°06,1' | 3°14,8' | 0,3' | 0,1' |
| 3°01,2' | 2°52,5' | 3°00,5' | 1,2' | 0,3' | 03 | 3°16,3' | 3°06,8' | 3°15,5' | 1,2' | 0,2' |
| 3°03,0' | 2°54,2' | 3°02,3' | 2,2' | 0,5' | 10 | 3°18,0' | 3°08,5' | 3°17,3' | 1,6' | 0,4' |
| 3°05,5' | 2°56,6' | 3°04,8' | 3,2' | 0,7' | 20 | 3°20,5' | 3°10,9' | 3°19,8' | 2,5' | 0,6' |
| 3°08,0' | 2°59,0' | 3°07,3' | 4,1' | 0,9' | 30 | 3°23,1' | 3°13,3' | 3°22,3' | 3,4' | 0,8' |
| 3°10,5' | 3°01,3' | 3°09,8' | 5,1' | 1,1' | 40 | 3°25,6' | 3°15,7' | 3°24,8' | 4,3' | 1,0' |
| 3°13,0' | 3°03,7' | 3°12,3' | 6,0' | 1,3' | 50 | 3°28,1' | 3°18,0' | 3°27,3' | 5,2' | 1,2' |
| 3°15,5' | 3°06,1' | 3°14,8' | 7,0' | 1,5' | 60 | 3°30,6' | 3°20,4' | 3°29,8' | 6,0' | 1,4' |
| 14^{мин} | | | | | с | 15^{мин} | | | | |
| 3°30,6' | 3°20,4' | 3°29,8' | 0,3' | 0,1' | 00 | 3°45,6' | 3°34,8' | 3°44,7' | 0,2' | 0,1' |
| 3°31,8' | 3°21,6' | 3°31,0' | 1,1' | 0,3' | 05 | 3°46,9' | 3°35,9' | 3°46,0' | 1,1' | 0,3' |
| 3°33,1' | 3°22,8' | 3°32,3' | 1,9' | 0,5' | 10 | 3°48,1' | 3°37,1' | 3°47,2' | 1,8' | 0,5' |
| 3°33,3' | 3°23,1' | 3°32,5' | 2,7' | 0,7' | 11 | 3°48,4' | 3°37,4' | 3°47,5' | 2,6' | 0,7' |
| 3°34,3' | 3°24,0' | 3°33,5' | 3,6' | 0,9' | 15 | 3°49,4' | 3°38,3' | 3°48,5' | 3,3' | 0,9' |
| 3°35,6' | 3°25,2' | 3°34,8' | 4,4' | 1,1' | 20 | 3°50,6' | 3°39,5' | 3°49,7' | 4,1' | 1,1' |
| 3°36,8' | 3°26,4' | 3°36,0' | 5,2' | 1,3' | 25 | 3°51,9' | 3°40,7' | 3°51,0' | 4,9' | 1,3' |
| 3°37,6' | 3°27,1' | 3°36,8' | 6,0' | 1,5' | 28 | 3°52,6' | 3°41,4' | 3°51,7' | 5,7' | 1,5' |
| 3°40,6' | 3°30,0' | 3°39,8' | 7,0' | 1,7' | 40 | 3°55,6' | 3°44,3' | 3°54,7' | 6,4' | 1,7' |
| 3°44,4' | 3°33,6' | 3°43,5' | 7,8' | 1,9' | 55 | 3°59,4' | 3°47,9' | 3°58,5' | 7,2' | 1,9' |
| 16^{мин} | | | | | с | 17^{мин} | | | | |
| 4°00,7' | 3°49,1' | 3°59,7' | 0,2' | 0,1' | 00 | 4°15,7' | 4°03,4' | 4°14,7' | 0,2' | 0,1' |
| 4°03,2' | 3°51,5' | 4°02,2' | 1,0' | 0,3' | 10 | 4°18,2' | 4°05,8' | 4°17,2' | 0,9' | 0,3' |
| 4°04,2' | 3°52,4' | 4°03,2' | 1,7' | 0,5' | 14 | 4°19,2' | 4°06,7' | 4°18,2' | 1,6' | 0,5' |
| 4°05,4' | 3°53,6' | 4°04,5' | 2,4' | 0,7' | 19 | 4°20,5' | 4°07,9' | 4°19,5' | 2,3' | 0,7' |
| 4°05,7' | 3°53,8' | 4°04,7' | 3,1' | 0,9' | 20 | 4°20,7' | 4°08,2' | 4°19,7' | 3,0' | 0,9' |
| 4°05,9' | 3°54,1' | 4°05,0' | 3,9' | 1,1' | 21 | 4°21,0' | 4°08,4' | 4°20,0' | 3,6' | 1,1' |
| 4°06,9' | 3°55,0' | 4°06,0' | 4,6' | 1,3' | 25 | 4°22,0' | 4°09,3' | 4°21,0' | 4,3' | 1,3' |
| 4°08,9' | 3°56,9' | 4°08,0' | 5,3' | 1,5' | 33 | 4°24,0' | 4°11,3' | 4°23,0' | 5,0' | 1,5' |
| 4°10,2' | 3°58,1' | 4°09,2' | 6,0' | 1,7' | 38 | 4°25,2' | 4°12,5' | 4°24,2' | 5,7' | 1,7' |
| 4°13,2' | 4°01,0' | 4°12,2' | 6,8' | 1,9' | 50 | 4°28,2' | 4°15,3' | 4°27,2' | 6,4' | 1,9' |
| 4°15,7' | 4°03,4' | 4°14,7' | | | 60 | 4°30,7' | 4°17,7' | 4°29,7' | | |
| 18^{мин} | | | | | с | 19^{мин} | | | | |
| 4°30,7' | 4°17,7' | 4°29,7' | 0,2' | 0,1' | 00 | 4°45,8' | 4°32,0' | 4°44,7' | 0,2' | 0,1' |
| 4°32,0' | 4°18,9' | 4°30,9' | 0,9' | 0,3' | 05 | 4°47,0' | 4°33,2' | 4°45,9' | 0,8' | 0,3' |
| 4°33,2' | 4°20,1' | 4°32,2' | 1,5' | 0,5' | 10 | 4°48,3' | 4°34,4' | 4°47,2' | 1,4' | 0,5' |
| 4°34,5' | 4°21,3' | 4°33,4' | 2,2' | 0,7' | 15 | 4°49,5' | 4°35,6' | 4°48,4' | 2,0' | 0,7' |
| 4°35,3' | 4°22,0' | 4°34,2' | 2,8' | 0,9' | 18 | 4°50,3' | 4°36,3' | 4°49,2' | 2,7' | 0,9' |
| 4°35,5' | 4°22,2' | 4°34,4' | 3,5' | 1,1' | 19 | 4°50,5' | 4°36,6' | 4°49,4' | 3,3' | 1,1' |
| 4°37,5' | 4°24,1' | 4°36,4' | 4,1' | 1,3' | 27 | 4°52,5' | 4°38,5' | 4°51,4' | 3,9' | 1,3' |
| 4°38,8' | 4°25,3' | 4°37,7' | 4,8' | 1,5' | 32 | 4°53,8' | 4°39,7' | 4°52,7' | 4,5' | 1,5' |
| 4°40,8' | 4°27,2' | 4°39,7' | 5,4' | 1,7' | 40 | 4°55,8' | 4°41,6' | 4°54,7' | 5,1' | 1,7' |
| 4°43,3' | 4°29,6' | 4°42,2' | 6,0' | 1,9' | 50 | 4°58,3' | 4°43,9' | 4°57,2' | 5,7' | 1,9' |
| 4°45,8' | 4°32,0' | 4°44,7' | 6,8' | 2,1' | 60 | 5°00,8' | 4°46,3' | 4°59,7' | 6,4' | 2,1' |
| 20^{мин} | | | | | с | 21^{мин} | | | | |
| 5°00,8' | 4°46,3' | 4°59,7' | 0,2' | 0,1' | 00 | 5°15,9' | 5°00,7' | 5°14,6' | 0,2' | 0,1' |
| 5°02,3' | 4°47,8' | 5°01,2' | 0,8' | 0,3' | 06 | 5°17,4' | 5°02,1' | 5°16,1' | 0,7' | 0,3' |
| 5°03,3' | 4°48,7' | 5°02,2' | 1,4' | 0,5' | 10 | 5°18,4' | 5°03,0' | 5°17,1' | 1,3' | 0,5' |
| 5°04,6' | 4°49,9' | 5°03,4' | 2,0' | 0,7' | 15 | 5°19,6' | 5°04,2' | 5°18,4' | 1,9' | 0,7' |
| 5°05,8' | 4°51,1' | 5°04,7' | 2,5' | 0,9' | 20 | 5°20,9' | 5°05,4' | 5°19,6' | 2,4' | 0,9' |
| 5°08,3' | 4°53,5' | 5°07,2' | 3,1' | 1,1' | 30 | 5°23,4' | 5°07,8' | 5°22,1' | 3,0' | 1,1' |
| 5°10,8' | 4°55,9' | 5°09,7' | 3,7' | 1,3' | 40 | 5°25,9' | 5°10,2' | 5°24,6' | 3,5' | 1,3' |
| 5°13,4' | 4°58,3' | 5°12,2' | 4,3' | 1,5' | 50 | 5°28,4' | 5°12,6' | 5°27,1' | 4,1' | 1,5' |
| 5°15,9' | 5°00,7' | 5°14,6' | 4,9' | 1,7' | 60 | 5°30,9' | 5°15,0' | 5°29,6' | 4,7' | 1,7' |

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | |
|-------------------------|---------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|
| 22^{мин} | | | | | с | 23^{мин} | | | | |
| 5°30,9' | 5°15,0' | 5°29,6' | 0,2' | 0,1' | 00 | 5°45,9' | 5°29,3' | 5°44,6' | 0,2' | 0,1' |
| 5°33,4' | 5°17,4' | 5°32,1' | 0,7' | 0,3' | 10 | 5°48,5' | 5°31,7' | 5°47,1' | 0,7' | 0,3' |
| 5°34,7' | 5°18,5' | 5°33,4' | 1,2' | 0,5' | 15 | 5°49,7' | 5°32,9' | 5°48,4' | 1,2' | 0,5' |
| 5°35,7' | 5°19,5' | 5°34,4' | 1,8' | 0,7' | 19 | 5°50,7' | 5°33,8' | 5°49,4' | 1,7' | 0,7' |
| 5°35,9' | 5°19,7' | 5°34,6' | 2,3' | 0,9' | 20 | 5°51,0' | 5°34,1' | 5°49,6' | 2,2' | 0,9' |
| 5°37,4' | 5°21,2' | 5°36,1' | 2,8' | 1,1' | 26 | 5°52,5' | 5°35,5' | 5°51,1' | 2,7' | 1,1' |
| 5°39,2' | 5°22,8' | 5°37,9' | 3,4' | 1,3' | 33 | 5°54,2' | 5°37,2' | 5°52,9' | 3,2' | 1,3' |
| 5°40,9' | 5°24,5' | 5°39,6' | 3,9' | 1,5' | 40 | 5°56,0' | 5°38,8' | 5°54,6' | 3,8' | 1,5' |
| 5°43,4' | 5°26,9' | 5°42,1' | 4,4' | 1,7' | 50 | 5°58,5' | 5°41,2' | 5°57,1' | 4,3' | 1,7' |
| 5°45,9' | 5°29,3' | 5°44,6' | 5,0' | 1,9' | 60 | 6°01,0' | 5°43,6' | 5°59,6' | 4,8' | 1,9' |
| 24^{мин} | | | | | с | 25^{мин} | | | | |
| 6°01,0' | 5°43,6' | 5°59,6' | 0,2' | 0,1' | 00 | 6°16,0' | 5°57,9' | 6°14,6' | 0,2' | 0,1' |
| 6°03,5' | 5°46,0' | 6°02,1' | 0,7' | 0,3' | 10 | 6°18,5' | 6°00,3' | 6°17,1' | 0,6' | 0,3' |
| 6°06,0' | 5°48,4' | 6°04,6' | 1,2' | 0,5' | 20 | 6°21,0' | 6°02,7' | 6°19,6' | 1,1' | 0,5' |
| 6°08,5' | 5°50,8' | 6°07,1' | 1,6' | 0,7' | 30 | 6°23,5' | 6°05,1' | 6°22,1' | 1,6' | 0,7' |
| 6°09,3' | 5°51,5' | 6°07,8' | 2,1' | 0,9' | 33 | 6°24,3' | 6°05,8' | 6°22,8' | 2,0' | 0,9' |
| 6°11,0' | 5°53,1' | 6°09,6' | 2,6' | 1,1' | 40 | 6°26,1' | 6°07,5' | 6°24,6' | 2,5' | 1,1' |
| 6°11,5' | 5°53,6' | 6°10,1' | 3,1' | 1,3' | 42 | 6°26,6' | 6°07,9' | 6°25,1' | 3,0' | 1,3' |
| 6°13,5' | 5°55,5' | 6°12,1' | 3,6' | 1,5' | 50 | 6°28,6' | 6°09,8' | 6°27,1' | 3,5' | 1,5' |
| 6°16,0' | 5°57,9' | 6°14,6' | 4,1' | 1,7' | 60 | 6°31,1' | 6°12,2' | 6°29,6' | 3,9' | 1,7' |
| 26^{мин} | | | | | с | 27^{мин} | | | | |
| 6°31,1' | 6°12,2' | 6°29,6' | 0,2' | 0,1' | 00 | 6°46,1' | 6°26,6' | 6°44,5' | 0,2' | 0,1' |
| 6°33,6' | 6°14,6' | 6°32,1' | 0,6' | 0,3' | 10 | 6°48,6' | 6°28,9' | 6°47,0' | 0,6' | 0,3' |
| 6°34,8' | 6°15,8' | 6°33,3' | 1,1' | 0,5' | 15 | 6°49,9' | 6°30,1' | 6°48,3' | 1,0' | 0,5' |
| 6°36,3' | 6°17,2' | 6°34,8' | 1,5' | 0,7' | 21 | 6°51,4' | 6°31,6' | 6°49,8' | 1,5' | 0,7' |
| 6°37,3' | 6°18,2' | 6°35,8' | 2,0' | 0,9' | 25 | 6°52,4' | 6°32,5' | 6°50,8' | 1,9' | 0,9' |
| 6°38,6' | 6°19,4' | 6°37,1' | 2,4' | 1,1' | 30 | 6°53,6' | 6°33,7' | 6°52,0' | 2,3' | 1,1' |
| 6°41,1' | 6°21,8' | 6°39,6' | 2,9' | 1,3' | 40 | 6°56,1' | 6°36,1' | 6°54,5' | 2,8' | 1,3' |
| 6°42,8' | 6°23,4' | 6°41,3' | 3,3' | 1,5' | 47 | 6°57,9' | 6°37,8' | 6°56,3' | 3,2' | 1,5' |
| 6°43,6' | 6°24,2' | 6°42,1' | 3,8' | 1,7' | 50 | 6°58,6' | 6°38,5' | 6°57,0' | 3,6' | 1,7' |
| 6°46,1' | 6°26,6' | 6°44,5' | 4,2' | 1,9' | 60 | 7°01,1' | 6°40,9' | 6°59,5' | 4,1' | 1,9' |
| 28^{мин} | | | | | с | 29^{мин} | | | | |
| 7°01,1' | 6°40,9' | 6°59,5' | 0,2' | 0,1' | 00 | 7°16,2' | 6°55,2' | 7°14,5' | 0,2' | 0,1' |
| 7°04,2' | 6°43,7' | 7°02,5' | 0,4' | 0,2' | 12 | 7°19,2' | 6°58,0' | 7°17,5' | 0,6' | 0,3' |
| 7°05,2' | 6°44,7' | 7°03,5' | 0,6' | 0,3' | 16 | 7°20,2' | 6°59,0' | 7°18,5' | 1,0' | 0,5' |
| 7°05,7' | 6°45,2' | 7°04,0' | 1,0' | 0,5' | 18 | 7°20,7' | 6°59,5' | 7°19,0' | 1,4' | 0,7' |
| 7°07,2' | 6°46,6' | 7°05,5' | 1,4' | 0,7' | 24 | 7°22,2' | 7°00,9' | 7°20,5' | 1,8' | 0,9' |
| 7°07,7' | 6°47,1' | 7°06,0' | 1,8' | 0,9' | 26 | 7°22,7' | 7°01,4' | 7°21,0' | 2,2' | 1,1' |
| 7°11,2' | 6°50,4' | 7°09,5' | 2,3' | 1,1' | 40 | 7°26,2' | 7°04,7' | 7°24,5' | 2,6' | 1,3' |
| 7°12,9' | 6°52,1' | 7°11,3' | 2,7' | 1,3' | 47 | 7°28,0' | 7°06,4' | 7°26,3' | 3,0' | 1,5' |
| 7°13,2' | 6°52,3' | 7°11,5' | 3,1' | 1,5' | 48 | 7°28,2' | 7°06,6' | 7°26,5' | 3,4' | 1,7' |
| 7°14,4' | 6°53,5' | 7°12,8' | 3,5' | 1,7' | 53 | 7°29,5' | 7°07,8' | 7°27,8' | 3,8' | 1,8' |
| 30^{мин} | | | | | с | 31^{мин} | | | | |
| 7°31,2' | 7°09,5' | 7°29,5' | 0,1' | 0,1' | 00 | 7°46,3' | 7°23,8' | 7°44,5' | 0,1' | 0,1' |
| 7°33,7' | 7°11,9' | 7°32,0' | 0,3' | 0,2' | 10 | 7°48,8' | 7°26,2' | 7°47,0' | 0,5' | 0,3' |
| 7°36,2' | 7°14,3' | 7°34,5' | 0,7' | 0,4' | 20 | 7°51,3' | 7°28,6' | 7°49,5' | 0,9' | 0,5' |
| 7°38,8' | 7°16,7' | 7°37,0' | 1,1' | 0,6' | 30 | 7°53,8' | 7°31,0' | 7°52,0' | 1,3' | 0,7' |
| 7°40,8' | 7°18,6' | 7°39,0' | 1,5' | 0,8' | 38 | 7°55,8' | 7°32,9' | 7°54,0' | 1,7' | 0,9' |
| 7°41,3' | 7°19,0' | 7°39,5' | 1,9' | 1,0' | 40 | 7°56,3' | 7°33,4' | 7°54,5' | 2,0' | 1,1' |
| 7°42,5' | 7°20,2' | 7°40,7' | 2,3' | 1,2' | 45 | 7°57,6' | 7°34,6' | 7°55,7' | 2,4' | 1,3' |
| 7°43,8' | 7°21,4' | 7°42,0' | 2,7' | 1,4' | 50 | 7°58,8' | 7°35,7' | 7°57,0' | 2,8' | 1,5' |
| 7°46,3' | 7°23,8' | 7°44,5' | 3,1' | 1,6' | 60 | 8°01,3' | 7°38,1' | 7°59,5' | 3,2' | 1,7' |

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | |
|---------------|---------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|---------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|
| 32 мин | | | | | с | 33 мин | | | | |
| 8°01,3' | 7°38,1' | 7°59,5' | 0,1' | 0,1' | 00 | 8°16,4' | 7°52,5' | 8°14,4' | 0,1' | 0,1' |
| 8°03,3' | 7°40,0' | 8°01,5' | 0,5' | 0,3' | 08 | 8°18,4' | 7°54,4' | 8°16,4' | 0,3' | 0,2' |
| 8°03,8' | 7°40,5' | 8°02,0' | 0,9' | 0,5' | 10 | 8°18,9' | 7°54,8' | 8°16,9' | 0,7' | 0,4' |
| 8°06,1' | 7°42,7' | 8°04,2' | 1,2' | 0,7' | 19 | 8°21,1' | 7°57,0' | 8°19,2' | 1,0' | 0,6' |
| 8°08,8' | 7°45,3' | 8°07,0' | 1,6' | 0,9' | 30 | 8°23,9' | 7°59,6' | 8°21,9' | 1,4' | 0,8' |
| 8°09,6' | 7°46,0' | 8°07,7' | 2,0' | 1,1' | 33 | 8°24,6' | 8°00,3' | 8°22,7' | 1,8' | 1,0' |
| 8°11,3' | 7°47,7' | 8°09,5' | 2,4' | 1,3' | 40 | 8°26,4' | 8°02,0' | 8°24,4' | 2,1' | 1,2' |
| 8°12,8' | 7°49,1' | 8°11,0' | 2,7' | 1,5' | 46 | 8°27,9' | 8°03,4' | 8°25,9' | 2,5' | 1,4' |
| 8°13,1' | 7°49,3' | 8°11,2' | 3,1' | 1,7' | 47 | 8°28,1' | 8°03,7' | 8°26,2' | 2,8' | 1,6' |
| 8°16,4' | 7°52,5' | 8°14,4' | 3,5' | 1,9' | 60 | 8°31,4' | 8°06,8' | 8°29,4' | 3,2' | 1,8' |
| 34 мин | | | | | с | 35 мин | | | | |
| 8°31,4' | 8°06,8' | 8°29,4' | 0,1' | 0,1' | 00 | 8°46,4' | 8°21,1' | 8°44,4' | 0,1' | 0,1' |
| 8°32,4' | 8°07,7' | 8°30,4' | 0,5' | 0,3' | 04 | 8°47,4' | 8°22,0' | 8°45,4' | 0,3' | 0,2' |
| 8°33,9' | 8°09,2' | 8°31,9' | 0,8' | 0,5' | 10 | 8°48,9' | 8°23,5' | 8°46,9' | 0,6' | 0,4' |
| 8°36,4' | 8°11,5' | 8°34,4' | 1,2' | 0,7' | 20 | 8°51,5' | 8°25,9' | 8°49,4' | 1,0' | 0,6' |
| 8°36,9' | 8°12,0' | 8°34,9' | 1,5' | 0,9' | 22 | 8°52,0' | 8°26,3' | 8°49,9' | 1,3' | 0,8' |
| 8°38,9' | 8°13,9' | 8°36,9' | 1,9' | 1,1' | 30 | 8°54,0' | 8°28,2' | 8°51,9' | 1,7' | 1,0' |
| 8°41,4' | 8°16,3' | 8°39,4' | 2,2' | 1,3' | 40 | 8°56,5' | 8°30,6' | 8°54,4' | 2,0' | 1,2' |
| 8°43,9' | 8°18,7' | 8°41,9' | 2,6' | 1,5' | 50 | 8°59,0' | 8°33,0' | 8°56,9' | 2,3' | 1,4' |
| 8°44,9' | 8°19,7' | 8°42,9' | 2,9' | 1,7' | 54 | 9°00,0' | 8°34,0' | 8°57,9' | 2,7' | 1,6' |
| 8°46,4' | 8°21,1' | 8°44,4' | 3,3' | 1,9' | 60 | 9°01,5' | 8°35,4' | 8°59,4' | 3,0' | 1,8' |
| 36 мин | | | | | с | 37 мин | | | | |
| 9°01,5' | 8°35,4' | 8°59,4' | 0,1' | 0,1' | 00 | 9°16,5' | 8°49,7' | 9°14,4' | 0,1' | 0,1' |
| 9°02,7' | 8°36,6' | 9°00,6' | 0,5' | 0,3' | 05 | 9°17,8' | 8°50,9' | 9°15,6' | 0,3' | 0,2' |
| 9°04,0' | 8°37,8' | 9°01,9' | 0,8' | 0,5' | 10 | 9°19,0' | 8°52,1' | 9°16,9' | 0,6' | 0,4' |
| 9°05,5' | 8°39,2' | 9°03,4' | 1,1' | 0,7' | 16 | 9°20,5' | 8°53,5' | 9°18,4' | 0,9' | 0,6' |
| 9°06,5' | 8°40,2' | 9°04,4' | 1,4' | 0,9' | 20 | 9°21,5' | 8°54,5' | 9°19,4' | 1,2' | 0,8' |
| 9°09,0' | 8°42,6' | 9°06,9' | 1,8' | 1,1' | 30 | 9°24,0' | 8°56,9' | 9°21,9' | 1,6' | 1,0' |
| 9°10,3' | 8°43,8' | 9°08,1' | 2,1' | 1,3' | 35 | 9°25,3' | 8°58,1' | 9°23,1' | 1,9' | 1,2' |
| 9°11,3' | 8°44,7' | 9°09,1' | 2,4' | 1,5' | 39 | 9°26,3' | 8°59,0' | 9°24,1' | 2,2' | 1,4' |
| 9°11,5' | 8°44,9' | 9°09,4' | 2,8' | 1,7' | 40 | 9°26,5' | 8°59,3' | 9°24,4' | 2,5' | 1,6' |
| 9°12,0' | 8°45,4' | 9°09,9' | 3,1' | 1,9' | 42 | 9°27,0' | 8°59,7' | 9°24,9' | 2,8' | 1,8' |
| 38 мин | | | | | с | 39 мин | | | | |
| 9°31,6' | 9°04,0' | 9°29,4' | 0,1' | 0,1' | 00 | 9°46,6' | 9°18,4' | 9°44,3' | 0,1' | 0,1' |
| 9°32,6' | 9°05,0' | 9°30,4' | 0,4' | 0,3' | 04 | 9°47,6' | 9°19,3' | 9°45,3' | 0,3' | 0,2' |
| 9°32,8' | 9°05,2' | 9°30,6' | 0,8' | 0,5' | 05 | 9°47,9' | 9°19,5' | 9°45,6' | 0,6' | 0,4' |
| 9°34,1' | 9°06,4' | 9°31,9' | 1,1' | 0,7' | 10 | 9°49,1' | 9°20,7' | 9°46,8' | 0,9' | 0,6' |
| 9°36,6' | 9°08,8' | 9°34,4' | 1,4' | 0,9' | 20 | 9°51,6' | 9°23,1' | 9°49,3' | 1,2' | 0,8' |
| 9°37,1' | 9°09,3' | 9°34,9' | 1,7' | 1,1' | 22 | 9°52,1' | 9°23,6' | 9°49,8' | 1,5' | 1,0' |
| 9°39,1' | 9°11,2' | 9°36,9' | 2,0' | 1,3' | 30 | 9°54,1' | 9°25,5' | 9°51,8' | 1,8' | 1,2' |
| 9°41,6' | 9°13,6' | 9°39,4' | 2,3' | 1,5' | 40 | 9°56,6' | 9°27,9' | 9°54,3' | 2,1' | 1,4' |
| 9°44,1' | 9°16,0' | 9°41,9' | 2,6' | 1,7' | 50 | 9°59,1' | 9°30,3' | 9°56,8' | 2,4' | 1,6' |
| 9°44,8' | 9°16,7' | 9°42,6' | 2,9' | 1,9' | 53 | 9°59,9' | 9°31,0' | 9°57,6' | 2,7' | 1,8' |
| 40 мин | | | | | с | 41 мин | | | | |
| 10°01,6' | 9°32,7' | 9°59,3' | 0,1' | 0,1' | 00 | 10°16,7' | 9°47,0' | 10°14,3' | 0,1' | 0,1' |
| 10°05,4' | 9°36,2' | 10°03,1' | 0,4' | 0,3' | 15 | 10°20,4' | 9°50,6' | 10°18,1' | 0,3' | 0,2' |
| 10°06,2' | 9°37,0' | 10°03,8' | 0,7' | 0,5' | 18 | 10°21,2' | 9°51,3' | 10°18,8' | 0,6' | 0,4' |
| 10°06,7' | 9°37,4' | 10°04,3' | 1,0' | 0,7' | 20 | 10°21,7' | 9°51,8' | 10°19,3' | 0,8' | 0,6' |
| 10°09,2' | 9°39,8' | 10°06,8' | 1,3' | 0,9' | 30 | 10°24,2' | 9°54,1' | 10°21,8' | 1,1' | 0,8' |
| 10°09,7' | 9°40,3' | 10°07,3' | 1,6' | 1,1' | 32 | 10°24,7' | 9°54,6' | 10°22,3' | 1,4' | 1,0' |
| 10°11,7' | 9°42,2' | 10°09,3' | 1,9' | 1,3' | 40 | 10°26,7' | 9°56,5' | 10°24,3' | 1,7' | 1,2' |
| 10°12,9' | 9°43,4' | 10°10,6' | 2,2' | 1,5' | 45 | 10°28,0' | 9°57,7' | 10°25,6' | 2,0' | 1,4' |
| 10°14,7' | 9°45,1' | 10°12,3' | 2,5' | 1,7' | 52 | 10°29,7' | 9°59,4' | 10°27,3' | 2,3' | 1,6' |
| 10°16,7' | 9°47,0' | 10°14,3' | 2,8' | 1,9' | 60 | 10°31,7' | 10°01,3' | 10°29,3' | 2,6' | 1,8' |

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | |
|-------------------------|----------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|
| 42^{мин} | | | | | с | 43^{мин} | | | | |
| 10°31,7' | 10°01,3' | 10°29,6' | 0,1' | 0,1' | 00 | 10°46,8' | 10°15,6' | 10°44,3' | 0,1' | 0,1' |
| 10°32,7' | 10°02,3' | 10°30,3' | 0,4' | 0,3' | 04 | 10°47,8' | 10°16,6' | 10°45,3' | 0,3' | 0,2' |
| 10°34,2' | 10°03,7' | 10°31,8' | 0,7' | 0,5' | 10 | 10°49,3' | 10°18,0' | 10°46,8' | 0,5' | 0,4' |
| 10°35,5' | 10°04,9' | 10°33,0' | 1,0' | 0,7' | 15 | 10°50,5' | 10°19,2' | 10°48,0' | 0,8' | 0,6' |
| 10°35,7' | 10°05,1' | 10°33,3' | 1,2' | 0,9' | 16 | 10°50,8' | 10°19,4' | 10°48,3' | 1,1' | 0,8' |
| 10°39,2' | 10°08,5' | 10°36,8' | 1,5' | 1,1' | 30 | 10°54,3' | 10°22,8' | 10°51,8' | 1,4' | 1,0' |
| 10°41,8' | 10°10,8' | 10°39,3' | 1,8' | 1,3' | 40 | 10°56,8' | 10°25,2' | 10°54,3' | 1,6' | 1,2' |
| 10°45,0' | 10°13,9' | 10°42,5' | 2,1' | 1,5' | 53 | 11°00,1' | 10°28,3' | 10°57,5' | 1,9' | 1,4' |
| 10°46,8' | 10°15,6' | 10°44,3' | 2,4' | 1,7' | 60 | 11°01,8' | 10°29,9' | 10°59,3' | 2,2' | 1,6' |
| 44^{мин} | | | | | с | 45^{мин} | | | | |
| 11°01,8' | 10°29,9' | 10°59,3' | 0,1' | 0,1' | 00 | 11°16,8' | 10°44,3' | 11°14,2' | 0,1' | 0,1' |
| 11°03,1' | 10°31,1' | 11°00,5' | 0,4' | 0,3' | 05 | 11°18,1' | 10°45,4' | 11°15,5' | 0,2' | 0,2' |
| 11°04,8' | 10°32,8' | 11°02,3' | 0,7' | 0,5' | 12 | 11°19,9' | 10°47,1' | 11°17,2' | 0,5' | 0,4' |
| 11°06,3' | 10°34,2' | 11°03,8' | 0,9' | 0,7' | 18 | 11°21,4' | 10°48,5' | 11°18,7' | 0,8' | 0,6' |
| 11°06,8' | 10°34,7' | 11°04,3' | 1,2' | 0,9' | 20 | 11°21,9' | 10°49,0' | 11°19,2' | 1,0' | 0,8' |
| 11°09,3' | 10°37,1' | 11°06,8' | 1,5' | 1,1' | 30 | 11°24,4' | 10°51,4' | 11°21,7' | 1,3' | 1,0' |
| 11°11,8' | 10°39,5' | 11°09,3' | 1,8' | 1,3' | 40 | 11°26,9' | 10°53,8' | 11°24,2' | 1,6' | 1,2' |
| 11°13,1' | 10°40,7' | 11°10,5' | 2,0' | 1,5' | 45 | 11°28,1' | 10°55,0' | 11°25,5' | 1,8' | 1,4' |
| 11°13,3' | 10°40,9' | 11°10,8' | 2,3' | 1,7' | 46 | 11°28,4' | 10°55,2' | 11°25,7' | 2,1' | 1,6' |
| 11°13,8' | 10°41,4' | 11°11,3' | 2,5' | 1,9' | 48 | 11°28,9' | 10°55,7' | 11°26,2' | 2,4' | 1,8' |
| 46^{мин} | | | | | с | 47^{мин} | | | | |
| 11°31,9' | 10°58,6' | 11°29,5' | 0,1' | 0,1' | 00 | 11°46,9' | 11°12,9' | 11°44,2' | 0,1' | 0,1' |
| 11°34,4' | 11°01,0' | 11°31,7' | 0,4' | 0,3' | 10 | 11°49,4' | 11°15,3' | 11°46,7' | 0,2' | 0,2' |
| 11°36,9' | 11°03,3' | 11°34,2' | 0,6' | 0,5' | 20 | 11°51,9' | 11°17,7' | 11°49,2' | 0,5' | 0,4' |
| 11°38,7' | 11°05,0' | 11°36,0' | 0,9' | 0,7' | 27 | 11°53,7' | 11°19,3' | 11°51,0' | 0,7' | 0,6' |
| 11°39,4' | 11°05,7' | 11°36,7' | 1,1' | 0,9' | 30 | 11°54,5' | 11°20,0' | 11°51,7' | 1,0' | 0,8' |
| 11°41,9' | 11°08,1' | 11°39,2' | 1,4' | 1,1' | 40 | 11°57,0' | 11°22,4' | 11°54,2' | 1,2' | 1,0' |
| 11°43,2' | 11°09,3' | 11°40,5' | 1,7' | 1,3' | 45 | 11°58,2' | 11°23,6' | 11°55,5' | 1,5' | 1,2' |
| 11°44,4' | 11°10,5' | 11°41,7' | 1,9' | 1,5' | 50 | 11°59,5' | 11°24,8' | 11°56,7' | 1,8' | 1,4' |
| 11°46,2' | 11°12,2' | 11°43,5' | 2,2' | 1,7' | 57 | 12°01,2' | 11°26,5' | 11°58,5' | 2,0' | 1,6' |
| 48^{мин} | | | | | с | 49^{мин} | | | | |
| 12°02,0' | 11°27,2' | 11°59,2' | 0,1' | 0,1' | 00 | 12°17,0' | 11°41,5' | 12°14,2' | 0,1' | 0,1' |
| 12°02,5' | 11°27,7' | 11°59,7' | 0,4' | 0,3' | 02 | 12°17,5' | 11°42,0' | 12°14,7' | 0,2' | 0,2' |
| 12°04,7' | 11°29,8' | 12°01,9' | 0,6' | 0,5' | 11 | 12°19,8' | 11°44,1' | 12°16,9' | 0,5' | 0,4' |
| 12°05,0' | 11°30,1' | 12°02,2' | 0,9' | 0,7' | 12 | 12°20,0' | 11°44,4' | 12°17,2' | 0,7' | 0,6' |
| 12°07,2' | 11°32,2' | 12°04,4' | 1,1' | 0,9' | 21 | 12°22,3' | 11°46,5' | 12°19,4' | 1,0' | 0,8' |
| 12°08,5' | 11°33,4' | 12°05,7' | 1,3' | 1,1' | 26 | 12°23,5' | 11°47,7' | 12°20,7' | 1,2' | 1,0' |
| 12°09,2' | 11°34,1' | 12°06,4' | 1,6' | 1,3' | 29 | 12°24,3' | 11°48,4' | 12°21,4' | 1,4' | 1,2' |
| 12°09,5' | 11°34,4' | 12°06,7' | 1,8' | 1,5' | 30 | 12°24,5' | 11°48,7' | 12°21,7' | 1,7' | 1,4' |
| 12°12,0' | 11°36,7' | 12°09,2' | 2,1' | 1,7' | 40 | 12°27,0' | 11°51,1' | 12°24,2' | 1,9' | 1,6' |
| 12°14,5' | 11°39,1' | 12°11,7' | 2,3' | 1,9' | 50 | 12°29,5' | 11°53,4' | 12°26,7' | 2,2' | 1,8' |
| 50^{мин} | | | | | с | 51^{мин} | | | | |
| 12°32,1' | 11°55,8' | 12°29,2' | 0,1' | 0,1' | 00 | 12°47,1' | 12°10,2' | 12°44,1' | 0,1' | 0,1' |
| 12°34,6' | 11°58,2' | 12°31,7' | 0,3' | 0,3' | 10 | 12°49,6' | 12°12,5' | 12°46,6' | 0,2' | 0,2' |
| 12°37,1' | 12°00,6' | 12°34,2' | 0,6' | 0,5' | 20 | 12°52,1' | 12°14,9' | 12°49,1' | 0,5' | 0,4' |
| 12°38,1' | 12°01,6' | 12°35,2' | 0,8' | 0,7' | 24 | 12°53,1' | 12°15,9' | 12°50,1' | 0,7' | 0,6' |
| 12°38,6' | 12°02,0' | 12°35,7' | 1,1' | 0,9' | 26 | 12°53,6' | 12°16,4' | 12°50,6' | 0,9' | 0,8' |
| 12°39,6' | 12°03,0' | 12°36,7' | 1,3' | 1,1' | 30 | 12°54,6' | 12°17,3' | 12°51,6' | 1,2' | 1,0' |
| 12°41,1' | 12°04,4' | 12°38,2' | 1,5' | 1,3' | 36 | 12°56,1' | 12°18,7' | 12°53,1' | 1,4' | 1,2' |
| 12°42,1' | 12°05,4' | 12°39,2' | 1,8' | 1,5' | 40 | 12°57,1' | 12°19,7' | 12°54,1' | 1,6' | 1,4' |
| 12°44,6' | 12°07,8' | 12°41,7' | 2,0' | 1,7' | 50 | 12°59,6' | 12°22,1' | 12°56,6' | 1,9' | 1,6' |
| 12°47,1' | 12°10,2' | 12°44,1' | 2,2' | 1,9' | 60 | 13°02,1' | 12°24,5' | 12°59,1' | 2,1' | 1,8' |

| Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | Точка Овна | Луна | Солнце, планеты | $\bar{\Delta}$, попр. Δ | | |
|-------------------------|----------|--------------------|---------------------------------------|------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|
| 52^{мин} | | | | | с | 53^{мин} | | | | |
| 13°02,1' | 12°24,5' | 12°59,1' | 0,1' | 0,1' | 00 | 13°17,2' | 12°38,8' | 13°14,1' | 0,1' | 0,1' |
| 13°04,6' | 12°26,9' | 13°01,6' | 0,3' | 0,3' | 10 | 13°19,7' | 12°41,2' | 13°16,6' | 0,2' | 0,2' |
| 13°05,4' | 12°27,6' | 13°02,4' | 0,6' | 0,5' | 13 | 13°20,4' | 12°41,9' | 13°17,4' | 0,4' | 0,4' |
| 13°07,1' | 12°29,2' | 13°04,1' | 0,8' | 0,7' | 20 | 13°22,2' | 12°43,6' | 13°19,1' | 0,7' | 0,6' |
| 13°09,7' | 12°31,6' | 13°06,6' | 1,0' | 0,9' | 30 | 13°24,7' | 12°45,9' | 13°21,6' | 0,9' | 0,8' |
| 13°12,2' | 12°34,0' | 13°09,1' | 1,2' | 1,1' | 40 | 13°27,2' | 12°48,3' | 13°24,1' | 1,1' | 1,0' |
| 13°14,7' | 12°36,4' | 13°11,6' | 1,5' | 1,3' | 50 | 13°29,7' | 12°50,7' | 13°26,6' | 1,3' | 1,2' |
| 13°15,9' | 12°37,6' | 13°12,9' | 1,7' | 1,5' | 55 | 13°31,0' | 12°51,9' | 13°27,9' | 1,6' | 1,4' |
| 13°17,2' | 12°38,8' | 13°14,1' | 1,9' | 1,7' | 60 | 13°32,2' | 12°53,1' | 13°29,1' | 1,8' | 1,6' |
| 54^{мин} | | | | | с | 55^{мин} | | | | |
| 13°32,2' | 12°53,1' | 13°29,1' | 0,1' | 0,1' | 00 | 13°47,3' | 13°07,4' | 13°44,1' | 0,1' | 0,1' |
| 13°34,7' | 12°55,5' | 13°31,6' | 0,3' | 0,3' | 10 | 13°49,8' | 13°09,8' | 13°46,6' | 0,2' | 0,2' |
| 13°37,2' | 12°57,9' | 13°34,1' | 0,5' | 0,5' | 20 | 13°52,3' | 13°12,2' | 13°49,1' | 0,4' | 0,4' |
| 13°39,7' | 13°00,3' | 13°36,6' | 0,8' | 0,7' | 30 | 13°54,8' | 13°14,6' | 13°51,6' | 0,6' | 0,6' |
| 13°41,5' | 13°01,9' | 13°38,3' | 1,0' | 0,9' | 37 | 13°56,5' | 13°16,2' | 13°53,3' | 0,9' | 0,8' |
| 13°42,2' | 13°02,6' | 13°39,1' | 1,2' | 1,1' | 40 | 13°57,3' | 13°17,0' | 13°54,1' | 1,1' | 1,0' |
| 13°43,5' | 13°03,8' | 13°40,3' | 1,4' | 1,3' | 45 | 13°58,5' | 13°18,2' | 13°55,3' | 1,3' | 1,2' |
| 13°44,8' | 13°05,0' | 13°41,6' | 1,6' | 1,5' | 50 | 13°59,8' | 13°19,3' | 13°56,6' | 1,5' | 1,4' |
| 13°46,0' | 13°06,2' | 13°42,8' | 1,9' | 1,7' | 55 | 14°01,0' | 13°20,5' | 13°57,8' | 1,7' | 1,6' |
| 13°47,3' | 13°07,4' | 13°44,1' | 2,1' | 1,9' | 60 | 14°02,3' | 13°21,7' | 13°59,1' | 1,9' | 1,8' |
| 56^{мин} | | | | | с | 57^{мин} | | | | |
| 14°02,3' | 13°21,7' | 13°59,1' | 0,1' | 0,1' | 00 | 14°17,3' | 13°36,1' | 14°14,0' | 0,1' | 0,1' |
| 14°04,8' | 13°24,1' | 14°01,6' | 0,3' | 0,3' | 10 | 14°19,8' | 13°38,4' | 14°16,5' | 0,2' | 0,2' |
| 14°05,8' | 13°25,1' | 14°02,6' | 0,5' | 0,5' | 14 | 14°20,9' | 13°39,4' | 14°17,5' | 0,4' | 0,4' |
| 14°07,3' | 13°26,5' | 14°04,1' | 0,7' | 0,7' | 20 | 14°22,4' | 13°40,8' | 14°19,0' | 0,6' | 0,6' |
| 14°09,8' | 13°28,9' | 14°06,6' | 1,0' | 0,9' | 30 | 14°24,9' | 13°43,2' | 14°21,5' | 0,9' | 0,8' |
| 14°11,1' | 13°30,1' | 14°07,8' | 1,2' | 1,1' | 35 | 14°26,1' | 13°44,4' | 14°22,8' | 1,1' | 1,0' |
| 14°12,3' | 13°31,3' | 14°09,1' | 1,4' | 1,3' | 40 | 14°27,4' | 13°45,6' | 14°24,0' | 1,2' | 1,2' |
| 14°12,8' | 13°31,8' | 14°09,6' | 1,6' | 1,5' | 42 | 14°27,9' | 13°46,1' | 14°24,5' | 1,5' | 1,4' |
| 14°14,8' | 13°33,7' | 14°11,6' | 1,8' | 1,7' | 50 | 14°29,9' | 13°48,0' | 14°26,5' | 1,7' | 1,6' |
| 14°14,7' | 13°36,1' | 14°14,0' | 2,0' | 1,9' | 60 | 14°32,4' | 13°50,4' | 14°29,0' | 1,9' | 1,8' |
| 58^{мин} | | | | | с | 59^{мин} | | | | |
| 14°32,4' | 13°50,4' | 14°29,0' | 0,1' | 0,1' | 00 | 14°47,4' | 14°04,7' | 14°44,0' | 0,1' | 0,1' |
| 14°33,6' | 13°51,6' | 14°30,3' | 0,3' | 0,3' | 05 | 14°48,7' | 14°05,9' | 14°45,3' | 0,2' | 0,2' |
| 14°34,1' | 13°52,0' | 14°30,8' | 0,5' | 0,5' | 07 | 14°49,2' | 14°06,4' | 14°45,8' | 0,4' | 0,4' |
| 14°34,9' | 13°52,8' | 14°31,5' | 0,7' | 0,7' | 10 | 14°49,9' | 14°07,1' | 14°46,5' | 0,6' | 0,6' |
| 14°37,4' | 13°55,1' | 14°34,0' | 0,9' | 0,9' | 20 | 14°52,4' | 14°09,5' | 14°49,0' | 0,8' | 0,8' |
| 14°39,9' | 13°57,5' | 14°36,5' | 1,1' | 1,1' | 30 | 14°54,9' | 14°11,8' | 14°51,5' | 1,0' | 1,0' |
| 14°42,4' | 13°59,9' | 14°39,0' | 1,3' | 1,3' | 40 | 14°57,5' | 14°14,2' | 14°54,0' | 1,2' | 1,2' |
| 14°44,9' | 14°02,3' | 14°41,5' | 1,5' | 1,5' | 50 | 15°00,0' | 14°16,6' | 14°56,5' | 1,4' | 1,4' |
| 14°47,4' | 14°04,7' | 14°44,0' | 1,7' | 1,7' | 60 | 15°02,5' | 14°19,0' | 14°59,0' | 1,6' | 1,6' |

Примечание: Для значений $\bar{\Delta}(\Delta)$ больших, чем указаны в таблице, значения «попр.» определять умножением ее значения на кратное $\bar{\Delta}(\Delta)$ число.

Например: на 56^{мин} для $\bar{\Delta}(\Delta) = 6 \rightarrow \Delta_2 t (\Delta\delta) = 1,9' \times 3 = 5,7'$.

**СПИСОК ЗВЕЗД ПО АЛФАВИТУ СОЗВЕЗДИЙ
(выдержка)**

с. 320 МАЕ

| Созвездия | Звезды |
|-----------------------------------|--|
| Андромеда (Andromeda) | α (1), β (9), γ (15) |
| Орел (Aquila) | α (146), γ (145), ζ (142) |
| Овен (Aries) | α (16), β (13) |
| Возничий (Auriga) | α (28), β (41), θ (42) |
| Волопас (Bootes) | α (99), γ (100), η (95) |
| Большой Пес (Canis Major) | α (46), β (43), δ (50), η (52) |
| Малый Пес (Canis Minor) | α (55), β (53) |
| Козерог (Capricornus) | δ (153) |
| Кассиопея (Cassiopeia) | α (6), β (2), γ (8), δ (10), ε (12) |
| Цефей (Cepheus) | α (151) |
| Северная Корона (Corona Borealis) | α (111) |
| Лебедь (Cygnus) | α (149), γ (147), δ (144), ε (150) |
| Дракон (Draco) | β (128), γ (134), η (116) |
| Близнецы (Gemini) | α (54), β (56), γ (45) |
| Геркулес (Hercules) | β (118) |
| Гидра (Hydra) | α (65) |
| Лев (Leo) | α (67), β (74), γ' (68), δ (73) |
| Весы (Libra) | α^2 (105), β (109) |
| Лира (Lyra) | α (139) |
| Змееносец (Ophiuchus) | α (130), β (133), δ (115), η (125) |
| Орион (Orion) | α (40), β (27), γ (29), δ (32), ε (35) |
| Пегас (Pegasus) | α (159), β (158), γ (3), ε (152) |
| Персей (Perseus) | α (20), β (19), ε (23) |
| Стрелец (Sagittarius) | γ (135), δ (136), ε (137), λ (138) |
| Скорпион (Scorpius) | α (117), β (114), δ (113), ε (123) |
| Телец (Taurus) | α (24), β (30), η (21) |
| Большая Медведица (Ursa Major) | α (72), β (71), γ (75), δ (78), ε (87), η (94) |
| Малая Медведица (Ursa Minor) | β (106), α (160) |
| Дева (Virgo) | α (92), γ (85), ε (89) |

**СПИСОК СОБСТВЕННЫХ ИМЕН ЗВЕЗД ПО АЛФАВИТУ
(выдержка)**

с. 320 МАЕ

| № | Название | № | Название |
|-----|--------------------------------------|-----|------------------------------------|
| 87 | Алиот (ϵ Б. Медведицы) | 2 | Кафф (β Кассиопеи) |
| 68 | Альгейба (γ' Льва) | 106 | Кохаб (β М. Медведицы) |
| 3 | Альгениб (γ Пегаса) | 88 | Кор Кароли (α Гончих Псов) |
| 19 | Альголь (β Персея) | 159 | Маркаб (α Пегаса) |
| 24 | Альдебаран (α Тельца) | 41 | Менкалинан (β Возничего) |
| 151 | Альдерамин (α Цефея) | 18 | Менкар (α Кита) |
| 15 | Альмак (γ Андромеды) | 71 | Мерак (β Б. Медведицы) |
| 146 | Альтаир (α Орла) | 91 | Мицар (ζ Б. Медведицы) |
| 111 | Альфакка (α Северной Короны) | 9 | Мирах (β Андромеды) |
| 65 | Альфард (α Гидры) | 43 | Мирзам (β Большого Пса) |
| 1 | Альферас (α Андромеды) | 20 | Мирфак (α Персея) |
| 21 | Альциона (η Тельца) | 30 | Наг (β Тельца) |
| 117 | Антарес (α Скорпиона) | 56 | Поллукс (β Близнецов) |
| 99 | Арктур (α Волопаса) | 55 | Процион (α Малого Пса) |
| 11 | Ахернар (α Эридана) | 67 | Регул (α Льва) |
| 29 | Беллятрикс (γ Ориона) | 27 | Ригель (β Ориона) |
| 94 | Бенетнаш (η Б. Медведицы) | 158 | Сеат (β Пегаса) |
| 40 | Бетельгейзе (α Ориона) | 46 | Сириус (α Большого Пса) |
| 139 | Вега (α Лиры) | 92 | Спика (α Девы) |
| 149 | Денеб (α Лебеда) | 75 | Фекда (γ Б. Медведицы) |
| 74 | Денебола (β Льва) | 157 | Фомальхаут (α Южной Рыбы) |
| 72 | Дубхе (α Б. Медведицы) | 16 | Хамаль (α Овна) |
| 44 | Канопус (α Арго) | 6 | Шедар (α Кассиопеи) |
| 28 | Капелла (α Возничего) | 13 | Шератан (β Овна) |
| 54 | Кастор (α Близнецов) | | |

ЕЖЕДНЕВНЫЕ ТАБЛИЦЫ МАЕ-2000 г.
(для расчета времени восхода и захода Солнца)
(выдержка)

с. 127÷147 МАЕ

| φ, N | Начало навигационного сумерек. | Восход Солнца сут. изм. | | | | Заход Солнца сут. изм. | | | Конец навигационного сумерек |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|--------|--------|----|---------------------------|--------|--------|------------------------------------|
| | | ч. м. | м. | ч. м. | м. | м. | ч. м. | м. | |
| | | 30.V. | 31.V. | 1.VI. | | 30.V. | 31.V. | 1.VI. | |
| 50° | 2.14 | +1 | 3.56 | -1 | -1 | 20.00 | +1 | 21.43 | |
| 45° | 2.53 | +1 | 4.17 | -1 | -1 | 19.39 | +1 | 21.03 | |
| 40° | 3.21 | 0 | 4.34 | 0 | -1 | 19.22 | +1 | 20.35 | |
| 30° | 4.00 | 0 | 5.00 | 0 | -1 | 18.56 | +1 | 19.56 | |
| | | 2.VI. | 3.VI. | 4.VI. | | 2.VI. | 3.VI. | 4.VI. | |
| 50° | 2.10 | +1 | 3.54 | -1 | -1 | 20.03 | +1 | 21.48 | |
| 45° | 2.51 | 0 | 4.15 | 0 | -1 | 19.41 | +1 | 21.06 | |
| 40° | 3.19 | 0 | 4.32 | 0 | -1 | 19.24 | +1 | 20.37 | |
| 30° | 3.59 | 0 | 4.59 | 0 | -1 | 18.58 | 0 | 19.58 | |
| | | 5.VI. | 6.VI. | 7.VI. | | 5.VI. | 6.VI. | 7.VI. | |
| 50° | 2.07 | 0 | 3.53 | 0 | -1 | 20.05 | +1 | 21.52 | |
| 45° | 2.49 | 0 | 4.14 | 0 | -1 | 19.44 | +1 | 21.09 | |
| 40° | 3.18 | 0 | 4.31 | 0 | -1 | 19.26 | +1 | 20.40 | |
| 30° | 3.58 | 0 | 4.58 | 0 | 0 | 18.59 | 0 | 19.59 | |
| | | 8.VI. | 9.VI. | 10.VI. | | 8.VI. | 9.VI. | 10.VI. | |
| 50° | 2.04 | 0 | 3.51 | 0 | -1 | 20.08 | +1 | 21.56 | |
| 45° | 2.47 | 0 | 4.13 | 0 | -1 | 19.46 | +1 | 21.12 | |
| 40° | 3.17 | 0 | 4.31 | 0 | -1 | 19.28 | +1 | 20.42 | |
| 30° | 3.58 | 0 | 4.58 | 0 | 0 | 19.00 | 0 | 20.01 | |
| | | 11.VI. | 12.VI. | 13.VI. | | 11.VI. | 12.VI. | 13.VI. | |
| 50° | 2.02 | 0 | 3.51 | 0 | -1 | 20.10 | +1 | 21.59 | |
| 45° | 2.46 | 0 | 4.13 | 0 | -1 | 19.47 | 0 | 21.14 | |
| 40° | 3.16 | 0 | 4.31 | 0 | 0 | 19.29 | 0 | 20.44 | |
| 30° | 3.58 | 0 | 4.58 | 0 | 0 | 19.02 | 0 | 20.02 | |
| | | 14.VI. | 15.VI. | 16.VI. | | 14.VI. | 15.VI. | 16.VI. | |
| 50° | 2.01 | 0 | 3.50 | 0 | 0 | 20.11 | 0 | 22.01 | |
| 45° | 2.46 | 0 | 4.13 | 0 | 0 | 19.49 | 0 | 21.16 | |
| 40° | 3.16 | 0 | 4.31 | 0 | 0 | 19.31 | 0 | 20.45 | |
| 30° | 3.58 | 0 | 4.58 | 0 | 0 | 19.03 | 0 | 20.03 | |
| | | 17.VI. | 18.VI. | 19.VI. | | 17.VI. | 18.VI. | 19.VI. | |
| 50° | 2.00 | 0 | 3.50 | 0 | 0 | 20.12 | 0 | 22.02 | |
| 45° | 2.46 | 0 | 4.13 | 0 | 0 | 19.50 | 0 | 21.17 | |
| 40° | 3.16 | 0 | 4.31 | 0 | 0 | 19.32 | 0 | 20.46 | |
| 30° | 3.58 | 0 | 4.59 | 0 | 0 | 19.04 | 0 | 20.04 | |
| | | 20.VI. | 21.VI. | 22.VI. | | 20.VI. | 21.VI. | 22.VI. | |
| 50° | 2.00 | 0 | 3.51 | 0 | 0 | 20.13 | 0 | 22.03 | |
| 45° | 2.46 | 0 | 4.13 | 0 | 0 | 19.50 | 0 | 21.18 | |
| 40° | 3.17 | 0 | 4.31 | 0 | 0 | 19.32 | 0 | 20.47 | |
| 30° | 3.59 | 0 | 4.59 | 0 | 0 | 19.04 | 0 | 20.06 | |
| | | 23.VI. | 24.VI. | 25.VI. | | 23.VI. | 24.VI. | 25.VI. | |
| 50° | 2.01 | 0 | 3.51 | 0 | 0 | 20.13 | 0 | 22.03 | |
| 45° | 2.47 | 0 | 4.14 | 0 | 0 | 19.51 | 0 | 21.18 | |
| 40° | 3.18 | 0 | 4.32 | 0 | 0 | 19.33 | 0 | 20.47 | |
| 30° | 3.59 | 0 | 5.00 | 0 | 0 | 19.05 | 0 | 20.06 | |
| | | 26.VI. | 27.VI. | 28.VI. | | 26.VI. | 27.VI. | 28.VI. | |
| 50° | 2.03 | 0 | 3.53 | 0 | 0 | 20.13 | 0 | 22.03 | |
| 45° | 2.48 | 0 | 4.15 | 0 | 0 | 19.51 | 0 | 21.18 | |
| 40° | 3.19 | 0 | 4.33 | 0 | 0 | 19.33 | 0 | 20.47 | |
| 30° | 4.00 | 0 | 5.01 | 0 | 0 | 19.05 | 0 | 20.06 | |
| | | 29.VI. | 30.VI. | 1.VII. | | 29.VI. | 30.VI. | 1.VII. | |
| 50° | 2.06 | -1 | 3.54 | +1 | 0 | 20.13 | 0 | 22.01 | |
| 45° | 2.50 | -1 | 4.17 | +1 | 0 | 19.51 | 0 | 21.17 | |
| 40° | 3.20 | 0 | 4.34 | 0 | 0 | 19.33 | 0 | 20.47 | |
| 30° | 4.02 | 0 | 5.02 | 0 | 0 | 19.05 | 0 | 20.06 | |

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ НАВИГАЦИОННЫХ СУМЕРЕК
Таблица 3.15 МТ-2000 с. 348 (выдержка)

а) Склонение Солнца одноименно и широтой места φ

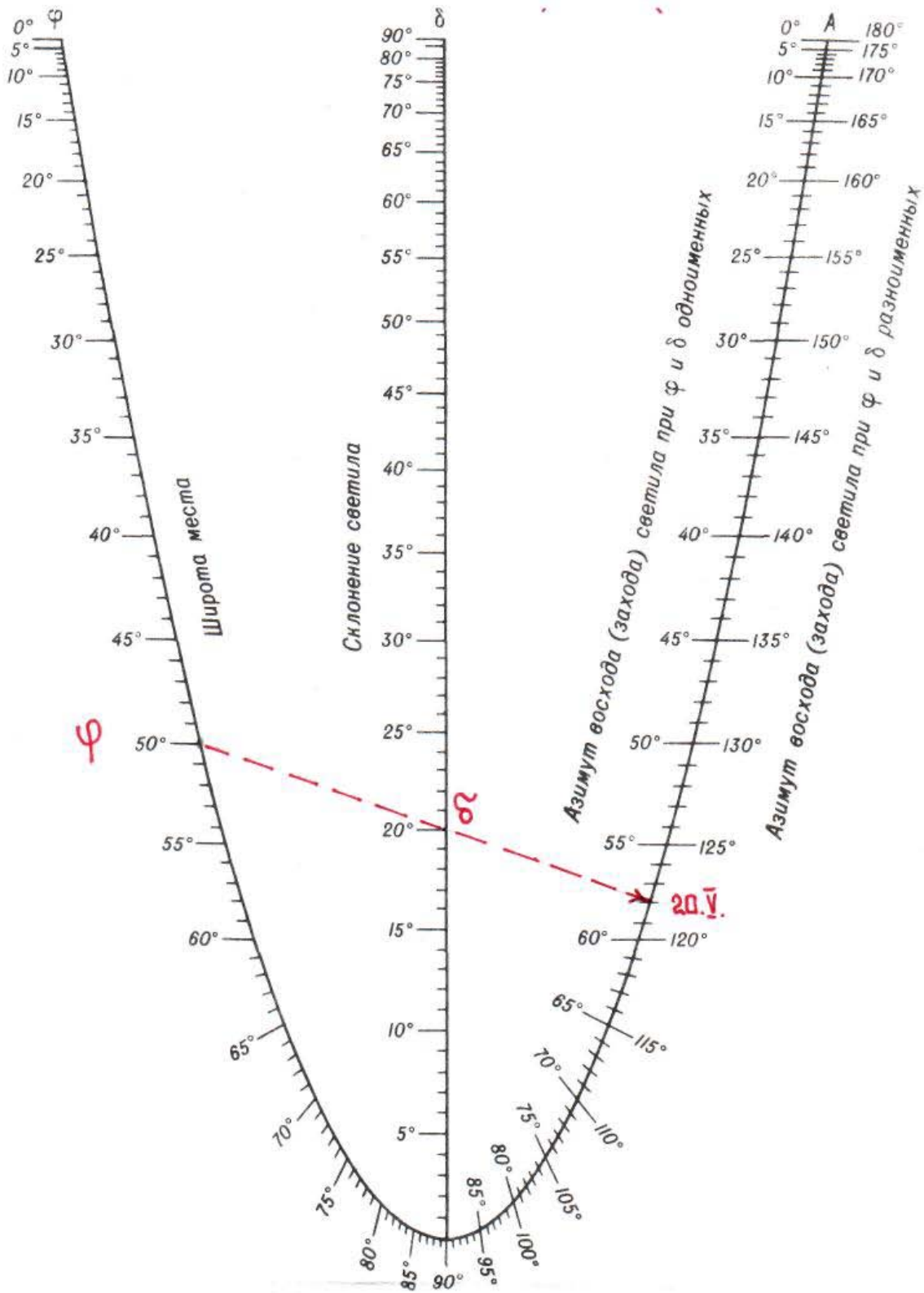
| φ | Склонение Солнца | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0° | 2° | 4° | 6° | 8° | 10° | 12° | 14° | 16° | 18° | 20° | 22° | 23,4° |
| 0° | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч26М} | 0 ^{ч26М} | 0 ^{ч27М} |
| 10 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 |
| 20 | 25 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | 29 |
| 30 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 29 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 40 | 32 | 32 | 32 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 37 | 38 | 38 | 40 | 42 |
| 50 | 38 | 38 | 39 | 40 | 41 | 43 | 43 | 45 | 48 | 50 | 55 | 1.00 | 1.06 |
| 54 | 42 | 42 | 43 | 45 | 47 | 48 | 50 | 52 | 57 | 1.02 | 1.10 | 1.26 | 1.48 |
| 56 | 45 | 45 | 46 | 48 | 49 | 52 | 54 | 58 | 1.05 | 1.12 | 1.26 | СН | СН |
| 58 | 47 | 48 | 49 | 51 | 53 | 57 | 59 | 1.04 | 1.15 | 1.27 | 2.19 | СН | СН |
| 60 | 50 | 51 | 53 | 55 | 59 | 1.03 | 1.06 | 1.13 | 1.34 | 2.13 | СН | СН | СН |
| 62 | 54 | 55 | 57 | 1.00 | 1.05 | 1.12 | 1.16 | 1.28 | СН | СН | СН | БН | БН |
| 64 | 58 | 59 | 1.03 | 1.07 | 1.13 | 1.24 | 1.32 | 2.04 | СН | СН | СН | БН | БН |
| 66 | 1.03 | 1.05 | 1.10 | 1.16 | 1.26 | 1.47 | 2.08 | СН | СН | СН | БН | БН | ПД |
| 68 | 1.10 | 1.13 | 1.19 | 1.29 | 1.49 | СН | СН | СН | БН | БН | БН | ПД | ПД |

б) Склонение Солнца разноименно и широтой места φ

| φ | Склонение Солнца | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0° | 2° | 4° | 6° | 8° | 10° | 12° | 14° | 16° | 18° | 20° | 22° | 23,4° |
| 0° | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч24М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч25М} | 0 ^{ч26М} | 0 ^{ч26М} | 0 ^{ч27М} |
| 20 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 |
| 40 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 33 | 33 | 33 | 35 |
| 50 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 39 | 39 | 40 | 40 | 41 |
| 54 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 42 | 43 | 43 | 44 | 46 | 46 |
| 58 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 47 | 49 | 50 | 51 | 52 |
| 62 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 54 | 55 | 57 | 1.00 | 1.02 |
| 64 | 58 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 58 | 59 | 1.03 | 1.05 | 1.09 |
| 66 | 1.04 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 59 | 59 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.09 | 1.12 | 1.17 |
| 68 | 1.10 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.10 | 1.12 | 1.17 | 1.22 | 1.30 |
| 70 | 1.19 | 1.15 | 1.13 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.17 | 1.21 | 1.28 | 1.36 | 1.49 |
| 72 | 1.31 | 1.23 | 1.22 | 1.19 | 1.18 | 1.18 | 1.20 | 1.22 | 1.27 | 1.32 | 1.44 | 2.00 | 2.32 |
| 74 | 1.49 | 1.36 | 1.33 | 1.29 | 1.28 | 1.28 | 1.30 | 1.32 | 1.41 | 1.50 | 2.12 | 3.04 | СД |

СН – сумеречная ночь; БН – белые ночи;
 ПД – полярный день; СД – сумеречный день

АЗИМУТ ИСТИННОГО ВОСХОДА (NE) И ЗАХОДА (NW) СВЕТИЛА



**АЗИМУТЫ ВИДИМОГО ВОСХОДА ИЛИ ЗАХОДА
ВЕРХНЕГО КРАЯ СОЛНЦА**

(таблица 20а «МТ-75» с. 237-238 (выдержка))

| Широта | Склонение Солнца одноименно с широтой | | | | | | | | | Широта |
|--------|---------------------------------------|--------|-----|-----|-------|-----|--------|--------------|--------|--------|
| | 12°00' | 12°30' | ... | ... | | ... | 17°00' | 17°30' | 18°00' | |
| 0° | 78,0° | 77,5° | . | . | ... | . | 73,0° | 72,5° | 72,0° | 0° |
| 5 | 77,9° | 77,4° | . | . | ... | . | 72,8° | 72,3° | 71,8° | 5 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 41 | 73,1° | 72,5° | . | . | ... | . | 66,3° | 65,6° | 64,9° | 41 |
| 42 | 72,8° | 72,2° | . | . | ... | . | . | ↓ | . | 42 |
| 43 | 72,5° | 71,8° | . | . | ... | . | 65,4° | 64,7° | 64,0° | ← 43 |
| 44 | 72,2° | 71,5° | . | . | ... | . | 65,0° | 64,3° | 63,5° | ← 44 |
| 45 | 71,9° | 71,2° | . | . | ... | . | 64,5° | 63,8° | 63,0° | 45 |
| 46 | 71,5° | 70,8° | . | . | ... | . | 64,0° | 63,2° | 62,5° | 46 |
| 47 | 71,2° | 70,4° | | | | | 63,5° | 62,7° | 61,9° | 47 |

| Широта | Склонение Солнца одноименно с широтой | | | | | | | | | | Широта |
|--------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 19°00' | 19°30' | 20°00' | 20°30' | 21°00' | 21°30' | 22°00' | 22°30' | 23°00' | 23°30' | |
| 39° | 64,4° | 63,7° | 63,0° | 62,3° | 61,7° | 61,0° | 60,3° | 59,6° | 58,9° | 58,2° | 39° |
| 40 | 63,9° | 63,3 | 62,6 | 61,9 | 61,2 | 60,5 | 59,8 | 59,1 | 58,4 | 57,7° | 40 |
| 41 | 63,5° | 62,8 | 62,1 | 61,4 | 60,7 | 60,0 | 59,3 | 58,6 | 57,8 | 57,1° | 41 |
| 42 | 63,0° | 62,3 | 61,6 | 60,9 | 60,2 | 59,4 | 58,7 | 58,0 | 57,2 | 56,5° | 42 |
| 43 | 62,6° | 61,8 | 61,1 | 60,4 | 59,6 | 58,9 | 58,1 | 57,4 | 56,6 | 55,9° | 43 |
| 44 | 62,0° | 61,3 | 60,5 | 59,8 | 59,0 | 58,3 | 57,5 | 56,7 | 56,0 | 55,2° | 44 |
| 45 | 61,5° | 60,7 | 60,0 | 59,2 | 58,4 | 57,6 | 56,9 | 56,1 | 55,3 | 54,5° | 45 |
| 46 | 60,9° | 60,1 | 59,3 | 58,6 | 57,8 | 57,0 | 56,2 | 55,4 | 54,6 | 53,7° | 46 |
| 47 | 60,3° | 59,5 | 58,7 | 57,9 | 57,1 | 56,3 | 55,4 | 54,6 | 53,8 | 52,9° | 47 |

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЫСОТЫ И АЗИМУТА СВЕТИЛ (ТВА-52)

0 – 52508

Функции T, S

| 0° | | | 1° | | | 2° | | | 3° | | | 4° | | | 5° | | | 6° | | | | |
|----|-------|------|----|-------|-----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|----|
| T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | | |
| 0 | -∞ | ∞ | 0 | 35563 | 144 | 1 | 41587 | 72 | 5 | 45113 | 48 | 12 | 47618 | 36 | 21 | 49564 | 29 | 33 | 51157 | 25 | 48 | 60 |
| 1 | 0 | 6020 | 0 | 35707 | 141 | 1 | 41659 | 71 | 5 | 45161 | 48 | 12 | 47654 | 36 | 21 | 49593 | 29 | 33 | 51182 | 25 | 48 | 59 |
| 2 | 6020 | 3522 | 0 | 35848 | 139 | 1 | 41730 | 71 | 5 | 45209 | 48 | 12 | 47690 | 36 | 22 | 49622 | 29 | 34 | 51206 | 24 | 48 | 58 |
| 3 | 9542 | 2499 | 0 | 35987 | 137 | 2 | 41801 | 71 | 6 | 45257 | 47 | 12 | 47726 | 36 | 22 | 49651 | 29 | 34 | 51230 | 24 | 49 | 57 |
| 4 | 12041 | 1938 | 0 | 36124 | 135 | 2 | 41872 | 70 | 6 | 45304 | 47 | 12 | 47762 | 36 | 22 | 49680 | 29 | 34 | 51254 | 24 | 49 | 56 |
| 5 | 13979 | 1584 | 0 | 36259 | 132 | 2 | 41942 | 69 | 6 | 45351 | 47 | 13 | 47798 | 36 | 22 | 49708 | 28 | 34 | 51278 | 24 | 49 | 55 |
| 6 | 15563 | 1338 | 0 | 36391 | 131 | 2 | 42011 | 69 | 6 | 45398 | 47 | 13 | 47833 | 35 | 22 | 49737 | 28 | 34 | 51302 | 24 | 49 | 54 |
| 7 | 16901 | 1160 | 0 | 36522 | 129 | 2 | 42080 | 68 | 6 | 45445 | 46 | 13 | 47868 | 35 | 22 | 49765 | 28 | 35 | 51326 | 24 | 50 | 53 |
| 8 | 18061 | 1023 | 0 | 36651 | 127 | 2 | 42148 | 67 | 6 | 45491 | 46 | 13 | 47904 | 35 | 23 | 49794 | 28 | 35 | 51350 | 24 | 50 | 52 |
| 9 | 19084 | 916 | 0 | 36778 | 125 | 2 | 42215 | 68 | 6 | 45538 | 45 | 13 | 47939 | 35 | 23 | 49822 | 28 | 35 | 51373 | 24 | 50 | 51 |
| 10 | 20000 | 827 | 0 | 36903 | 123 | 2 | 42283 | 66 | 6 | 45583 | 46 | 13 | 47974 | 34 | 23 | 49850 | 28 | 35 | 51397 | 24 | 50 | 50 |
| 11 | 20827 | 756 | 0 | 37026 | 121 | 2 | 42349 | 66 | 6 | 45629 | 46 | 13 | 48008 | 35 | 23 | 49878 | 29 | 36 | 51421 | 23 | 51 | 49 |
| 12 | 21583 | 695 | 0 | 37147 | 120 | 2 | 42415 | 66 | 6 | 45675 | 45 | 14 | 48043 | 35 | 23 | 49907 | 29 | 36 | 51444 | 23 | 51 | 48 |
| 13 | 22278 | 644 | 0 | 37267 | 118 | 2 | 42481 | 66 | 7 | 45720 | 45 | 14 | 48078 | 35 | 24 | 49934 | 28 | 36 | 51468 | 23 | 51 | 47 |
| 14 | 22922 | 599 | 0 | 37385 | 117 | 2 | 42546 | 65 | 7 | 45765 | 45 | 14 | 48112 | 34 | 24 | 49962 | 28 | 36 | 51491 | 23 | 52 | 46 |
| 15 | 23521 | 561 | 0 | 37502 | 115 | 2 | 42611 | 64 | 7 | 45810 | 44 | 14 | 48146 | 34 | 24 | 49990 | 28 | 37 | 51515 | 23 | 52 | 45 |
| 16 | 24082 | 527 | 0 | 37617 | 114 | 2 | 42675 | 64 | 7 | 45854 | 44 | 14 | 48180 | 34 | 24 | 50018 | 28 | 37 | 51538 | 23 | 52 | 44 |
| 17 | 24609 | 496 | 0 | 37731 | 112 | 2 | 42739 | 64 | 7 | 45898 | 44 | 14 | 48214 | 34 | 24 | 50045 | 27 | 37 | 51561 | 23 | 52 | 43 |
| 18 | 25105 | 470 | 0 | 37843 | 111 | 2 | 42802 | 63 | 7 | 45942 | 44 | 14 | 48248 | 34 | 24 | 50073 | 27 | 37 | 51584 | 23 | 53 | 42 |
| 19 | 25575 | 445 | 0 | 37954 | 109 | 2 | 42865 | 62 | 7 | 45986 | 44 | 15 | 48282 | 34 | 25 | 50100 | 27 | 37 | 51608 | 23 | 53 | 41 |
| 20 | 26020 | 424 | 0 | 38063 | 108 | 2 | 42927 | 62 | 7 | 46030 | 43 | 15 | 48316 | 33 | 25 | 50128 | 27 | 38 | 51631 | 23 | 53 | 40 |
| 21 | 26444 | 404 | 0 | 38171 | 106 | 2 | 42989 | 61 | 7 | 46073 | 43 | 15 | 48349 | 33 | 25 | 50155 | 27 | 38 | 51654 | 23 | 53 | 39 |
| 22 | 26848 | 386 | 0 | 38277 | 106 | 2 | 43050 | 61 | 7 | 46117 | 43 | 15 | 48382 | 34 | 25 | 50182 | 27 | 38 | 51677 | 23 | 54 | 38 |
| 23 | 27234 | 370 | 0 | 38383 | 104 | 3 | 43111 | 61 | 8 | 46160 | 42 | 15 | 48416 | 33 | 25 | 50209 | 27 | 38 | 51700 | 23 | 54 | 37 |
| 24 | 27604 | 354 | 0 | 38487 | 103 | 3 | 43172 | 60 | 8 | 46202 | 42 | 15 | 48449 | 33 | 26 | 50236 | 27 | 39 | 51722 | 23 | 54 | 36 |
| 25 | 27958 | 341 | 0 | 38590 | 101 | 3 | 43232 | 60 | 8 | 46245 | 42 | 15 | 48482 | 33 | 26 | 50263 | 27 | 39 | 51745 | 23 | 55 | 35 |
| 26 | 28299 | 328 | 0 | 38691 | 101 | 3 | 43292 | 59 | 8 | 46287 | 42 | 16 | 48515 | 32 | 26 | 50290 | 27 | 39 | 51768 | 23 | 55 | 34 |
| 27 | 28627 | 316 | 0 | 38792 | 99 | 3 | 43351 | 59 | 8 | 46329 | 42 | 16 | 48547 | 32 | 26 | 50317 | 27 | 39 | 51791 | 23 | 55 | 33 |
| 28 | 28943 | 305 | 0 | 38891 | 98 | 3 | 43410 | 59 | 8 | 46371 | 42 | 16 | 48580 | 32 | 26 | 50343 | 27 | 40 | 51813 | 23 | 55 | 32 |
| 29 | 29248 | 294 | 0 | 38989 | 97 | 3 | 43469 | 58 | 8 | 46413 | 42 | 16 | 48612 | 33 | 27 | 50370 | 27 | 40 | 51836 | 23 | 56 | 31 |
| 30 | 29542 | 285 | 0 | 39086 | 96 | 3 | 43527 | 58 | 8 | 46455 | 41 | 16 | 48645 | 32 | 27 | 50397 | 26 | 40 | 51858 | 23 | 56 | 30 |
| 31 | 29827 | 276 | 0 | 39182 | 95 | 3 | 43585 | 57 | 8 | 46496 | 41 | 17 | 48677 | 32 | 27 | 50423 | 26 | 40 | 51881 | 23 | 56 | 29 |
| 32 | 30103 | 267 | 0 | 39277 | 94 | 3 | 43642 | 57 | 9 | 46537 | 41 | 17 | 48709 | 32 | 27 | 50449 | 26 | 41 | 51903 | 22 | 57 | 28 |
| 33 | 30370 | 259 | 0 | 39371 | 93 | 3 | 43699 | 57 | 9 | 46578 | 41 | 17 | 48741 | 32 | 27 | 50476 | 26 | 41 | 51925 | 22 | 57 | 27 |
| 34 | 30629 | 252 | 0 | 39464 | 92 | 3 | 43756 | 56 | 9 | 46619 | 41 | 17 | 48773 | 32 | 28 | 50502 | 26 | 41 | 51948 | 22 | 57 | 26 |
| 35 | 30881 | 245 | 0 | 39556 | 91 | 3 | 43812 | 56 | 9 | 46660 | 40 | 17 | 48805 | 32 | 28 | 50528 | 26 | 41 | 51970 | 22 | 57 | 25 |
| 36 | 31126 | 238 | 0 | 39647 | 90 | 3 | 43868 | 56 | 9 | 46700 | 40 | 17 | 48836 | 31 | 28 | 50554 | 26 | 42 | 51992 | 22 | 58 | 24 |
| 37 | 31364 | 232 | 1 | 39737 | 89 | 3 | 43924 | 55 | 9 | 46740 | 40 | 17 | 48868 | 32 | 28 | 50580 | 26 | 42 | 52014 | 22 | 58 | 23 |
| 38 | 31596 | 225 | 1 | 39826 | 89 | 4 | 43979 | 55 | 9 | 46780 | 40 | 17 | 48899 | 31 | 28 | 50606 | 26 | 42 | 52036 | 22 | 58 | 22 |
| 39 | 31821 | 220 | 1 | 39915 | 87 | 4 | 44034 | 54 | 9 | 46820 | 40 | 18 | 48931 | 32 | 29 | 50632 | 26 | 42 | 52058 | 22 | 59 | 21 |
| 40 | 32041 | 215 | 1 | 40002 | 86 | 4 | 44088 | 54 | 9 | 46860 | 39 | 18 | 48962 | 31 | 29 | 50657 | 26 | 43 | 52080 | 22 | 59 | 20 |
| 41 | 32256 | 209 | 1 | 40088 | 86 | 4 | 44142 | 54 | 10 | 46899 | 39 | 18 | 48993 | 31 | 29 | 50683 | 26 | 43 | 52102 | 22 | 59 | 19 |
| 42 | 32465 | 204 | 1 | 40174 | 85 | 4 | 44196 | 54 | 10 | 46939 | 40 | 18 | 49024 | 31 | 29 | 50709 | 26 | 43 | 52124 | 22 | 60 | 18 |
| 43 | 32669 | 200 | 1 | 40259 | 84 | 4 | 44250 | 53 | 10 | 46978 | 39 | 18 | 49055 | 31 | 29 | 50734 | 26 | 43 | 52146 | 22 | 60 | 17 |
| 44 | 32869 | 195 | 1 | 40343 | 84 | 4 | 44303 | 53 | 10 | 47017 | 39 | 18 | 49086 | 31 | 30 | 50760 | 26 | 44 | 52167 | 22 | 60 | 16 |
| 45 | 33064 | 191 | 1 | 40426 | 83 | 4 | 44356 | 52 | 10 | 47056 | 39 | 19 | 49116 | 30 | 30 | 50785 | 26 | 44 | 52189 | 22 | 60 | 15 |
| 46 | 33255 | 187 | 1 | 40508 | 82 | 4 | 44408 | 52 | 10 | 47094 | 39 | 19 | 49147 | 30 | 30 | 50810 | 26 | 44 | 52211 | 22 | 61 | 14 |
| 47 | 33442 | 183 | 1 | 40590 | 82 | 4 | 44461 | 52 | 10 | 47133 | 39 | 19 | 49177 | 30 | 30 | 50836 | 26 | 44 | 52232 | 22 | 61 | 13 |
| 48 | 33625 | 179 | 1 | 40671 | 81 | 4 | 44513 | 52 | 10 | 47171 | 38 | 19 | 49208 | 31 | 31 | 50861 | 26 | 45 | 52254 | 22 | 61 | 12 |
| 49 | 33804 | 176 | 1 | 40751 | 79 | 4 | 44564 | 52 | 10 | 47209 | 38 | 19 | 49238 | 30 | 31 | 50886 | 26 | 45 | 52275 | 22 | 62 | 11 |
| 50 | 33980 | 172 | 1 | 40830 | 79 | 4 | 44616 | 51 | 11 | 47247 | 38 | 19 | 49268 | 30 | 31 | 50911 | 25 | 45 | 52297 | 21 | 62 | 10 |
| 51 | 34152 | 168 | 1 | 40909 | 78 | 5 | 44667 | 50 | 11 | 47285 | 37 | 20 | 49298 | 30 | 31 | 50936 | 25 | 45 | 52318 | 21 | 62 | 9 |
| 52 | 34320 | 166 | 1 | 40987 | 77 | 5 | 44717 | 50 | 11 | 47322 | 37 | 20 | 49328 | 30 | 31 | 50961 | 25 | 46 | 52339 | 21 | 63 | 8 |
| 53 | 34486 | 162 | 1 | 41064 | 77 | 5 | 44768 | 50 | 11 | 47360 | 37 | 20 | 49358 | 30 | 32 | 50986 | 25 | 46 | 52360 | 21 | 63 | 7 |
| 54 | 34648 | 160 | 1 | 41141 | 76 | 5 | 44818 | 50 | 11 | 47397 | 37 | 20 | 49388 | 30 | 32 | 51010 | 25 | 46 | 52382 | 22 | 63 | 6 |
| 55 | 34808 | 156 | 1 | 41217 | 75 | 5 | 44868 | 50 | 11 | 47434 | 37 | 20 | 49417 | 30 | 32 | 51035 | 25 | 46 | 52403 | 21 | 63 | 5 |
| 56 | 34964 | 154 | 1 | 41292 | 75 | 5 | 44917 | 50 | 11 | 47471 | 37 | 20 | 4944 | | | | | | | | | |

Функции T, S

52500 – 58650

| | | 7° | | | 8° | | | 9° | | | 10° | | | 11° | | | 12° | | | 13° | | | | | | | |
|-----------|--------------|----|-----------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|-----|------------|--------------|-----|------------|--------------|-----|------------|--------------|-----|------------|-----------|----|---|--|--|--|
| | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | | | |
| 0 | 52508 | | 65 | 53681 | | 85 | 54719 | | 108 | 55651 | | 133 | 56498 | | 161 | 57274 | | 192 | 57992 | | 226 | 60 | | | | | |
| 1 | 52529 | 21 | 65 | 53699 | 18 | 85 | 54736 | 17 | 108 | 55666 | 15 | 133 | 56512 | 14 | 162 | 57287 | 13 | 192 | 58004 | 12 | 226 | 59 | | | | | |
| 2 | 52550 | 21 | 66 | 53718 | 19 | 86 | 54752 | 16 | 108 | 55681 | 15 | 134 | 56525 | 13 | 162 | 57299 | 12 | 193 | 58015 | 11 | 227 | 58 | | | | | |
| 3 | 52570 | 20 | 66 | 53736 | 18 | 86 | 54768 | 16 | 109 | 55696 | 15 | 134 | 56538 | 13 | 163 | 57312 | 13 | 194 | 58027 | 12 | 227 | 57 | | | | | |
| 4 | 52591 | 21 | 66 | 53754 | 18 | 86 | 54784 | 16 | 109 | 55710 | 14 | 135 | 56552 | 14 | 163 | 57324 | 12 | 194 | 58038 | 11 | 228 | 56 | | | | | |
| 5 | 52612 | 21 | 67 | 53772 | 18 | 87 | 54801 | 17 | 110 | 55725 | 15 | 135 | 56565 | 13 | 164 | 57336 | 12 | 195 | 58050 | 12 | 228 | 55 | | | | | |
| 6 | 52632 | 20 | 67 | 53790 | 18 | 87 | 54817 | 16 | 110 | 55740 | 15 | 136 | 56579 | 14 | 164 | 57349 | 13 | 195 | 58061 | 11 | 229 | 54 | | | | | |
| 7 | 52653 | 21 | 67 | 53808 | 18 | 87 | 54833 | 16 | 110 | 55754 | 14 | 136 | 56592 | 13 | 165 | 57361 | 12 | 196 | 58073 | 12 | 230 | 53 | | | | | |
| 8 | 52673 | 20 | 67 | 53827 | 19 | 88 | 54849 | 16 | 111 | 55769 | 15 | 137 | 56605 | 13 | 165 | 57373 | 12 | 196 | 58084 | 11 | 230 | 52 | | | | | |
| 9 | 52694 | 21 | 68 | 53845 | 18 | 88 | 54865 | 16 | 111 | 55783 | 14 | 137 | 56619 | 14 | 166 | 57386 | 13 | 197 | 58095 | 11 | 231 | 51 | | | | | |
| | | 20 | | | 18 | | | 16 | | | 15 | | | 13 | | | 12 | | | 12 | | | | | | | |
| 10 | 52714 | | 68 | 53863 | | 89 | 54881 | | 112 | 55798 | | 137 | 56632 | | 166 | 57398 | | 197 | 58107 | | 231 | 50 | | | | | |
| 11 | 52735 | 21 | 68 | 53880 | 17 | 89 | 54897 | 16 | 112 | 55812 | 14 | 138 | 56645 | 13 | 167 | 57410 | 12 | 198 | 58118 | 11 | 232 | 49 | | | | | |
| 12 | 52755 | 20 | 69 | 53898 | 18 | 89 | 54913 | 16 | 112 | 55827 | 15 | 138 | 56659 | 14 | 167 | 57422 | 13 | 198 | 58130 | 12 | 233 | 48 | | | | | |
| 13 | 52775 | 20 | 69 | 53916 | 18 | 90 | 54929 | 16 | 113 | 55841 | 14 | 139 | 56672 | 13 | 168 | 57435 | 12 | 199 | 58141 | 11 | 233 | 47 | | | | | |
| 14 | 52796 | 21 | 69 | 53934 | 18 | 90 | 54945 | 16 | 113 | 55856 | 15 | 139 | 56685 | 13 | 168 | 57447 | 12 | 200 | 58152 | 11 | 234 | 46 | | | | | |
| 15 | 52816 | 20 | 70 | 53952 | 18 | 90 | 54961 | 16 | 114 | 55870 | 14 | 140 | 56698 | 13 | 169 | 57459 | 12 | 200 | 58164 | 12 | 234 | 45 | | | | | |
| 16 | 52836 | 20 | 70 | 53970 | 18 | 91 | 54977 | 16 | 114 | 55885 | 15 | 140 | 56711 | 13 | 169 | 57471 | 12 | 201 | 58175 | 11 | 235 | 44 | | | | | |
| 17 | 52856 | 20 | 70 | 53987 | 17 | 91 | 54993 | 16 | 115 | 55899 | 14 | 141 | 56725 | 14 | 170 | 57483 | 12 | 201 | 58186 | 11 | 236 | 43 | | | | | |
| 18 | 52876 | 20 | 71 | 54005 | 18 | 91 | 55009 | 16 | 115 | 55914 | 15 | 141 | 56738 | 13 | 170 | 57496 | 13 | 202 | 58198 | 12 | 236 | 42 | | | | | |
| 19 | 52896 | 20 | 71 | 54023 | 18 | 92 | 55025 | 16 | 115 | 55928 | 14 | 142 | 56751 | 13 | 171 | 57508 | 12 | 202 | 58209 | 11 | 237 | 41 | | | | | |
| | | 20 | | | 17 | | | 16 | | | 14 | | | 13 | | | 12 | | | 11 | | | | | | | |
| 20 | 52916 | | 71 | 54040 | | 92 | 55041 | | 116 | 55942 | | 142 | 56764 | | 171 | 57520 | | 203 | 58220 | | 237 | 40 | | | | | |
| 21 | 52936 | 20 | 72 | 54058 | 18 | 93 | 55056 | 15 | 116 | 55957 | 15 | 142 | 56777 | 13 | 172 | 57532 | 12 | 203 | 58231 | 11 | 238 | 39 | | | | | |
| 22 | 52956 | 20 | 72 | 54076 | 18 | 93 | 55072 | 16 | 117 | 55971 | 14 | 143 | 56790 | 13 | 172 | 57544 | 12 | 204 | 58243 | 12 | 239 | 38 | | | | | |
| 23 | 52976 | 20 | 72 | 54093 | 17 | 93 | 55088 | 16 | 117 | 55985 | 14 | 143 | 56803 | 13 | 173 | 57556 | 12 | 204 | 58254 | 11 | 239 | 37 | | | | | |
| 24 | 52996 | 20 | 73 | 54111 | 18 | 94 | 55104 | 16 | 117 | 55999 | 14 | 144 | 56816 | 13 | 173 | 57568 | 12 | 205 | 58265 | 11 | 240 | 36 | | | | | |
| 25 | 53015 | 19 | 73 | 54128 | 18 | 94 | 55119 | 15 | 118 | 56014 | 15 | 144 | 56829 | 13 | 174 | 57580 | 12 | 206 | 58276 | 11 | 240 | 35 | | | | | |
| 26 | 53035 | 20 | 73 | 54146 | 18 | 94 | 55135 | 16 | 118 | 56028 | 14 | 145 | 56842 | 13 | 174 | 57592 | 12 | 206 | 58287 | 11 | 241 | 34 | | | | | |
| 27 | 53055 | 20 | 74 | 54163 | 17 | 95 | 55150 | 15 | 119 | 56042 | 14 | 145 | 56855 | 13 | 175 | 57604 | 12 | 207 | 58299 | 12 | 242 | 33 | | | | | |
| 28 | 53074 | 19 | 74 | 54180 | 17 | 95 | 55166 | 16 | 119 | 56056 | 14 | 146 | 56868 | 13 | 175 | 57616 | 12 | 207 | 58310 | 11 | 242 | 32 | | | | | |
| 29 | 53094 | 20 | 74 | 54198 | 17 | 96 | 55182 | 15 | 120 | 56070 | 14 | 146 | 56881 | 13 | 176 | 57628 | 12 | 208 | 58321 | 11 | 243 | 31 | | | | | |
| | | 20 | | | 17 | | | 15 | | | 14 | | | 13 | | | 12 | | | 11 | | | | | | | |
| 30 | 53114 | | 75 | 54215 | | 96 | 55197 | | 120 | 56084 | | 147 | 56894 | | 176 | 57640 | | 208 | 58332 | | 243 | 30 | | | | | |
| 31 | 53133 | 19 | 75 | 54232 | 17 | 96 | 55213 | 16 | 120 | 56098 | 14 | 147 | 56907 | 13 | 177 | 57652 | 12 | 209 | 58343 | 11 | 244 | 29 | | | | | |
| 32 | 53153 | 20 | 75 | 54249 | 17 | 97 | 55228 | 15 | 121 | 56112 | 15 | 148 | 56920 | 13 | 177 | 57664 | 12 | 209 | 58354 | 11 | 245 | 28 | | | | | |
| 33 | 53172 | 19 | 76 | 54267 | 18 | 97 | 55244 | 16 | 121 | 56127 | 15 | 148 | 56933 | 13 | 178 | 57676 | 12 | 210 | 58365 | 11 | 245 | 27 | | | | | |
| 34 | 53191 | 19 | 76 | 54284 | 17 | 97 | 55259 | 15 | 122 | 56141 | 14 | 149 | 56946 | 13 | 178 | 57688 | 12 | 211 | 58376 | 11 | 246 | 26 | | | | | |
| 35 | 53211 | 20 | 76 | 54301 | 17 | 98 | 55274 | 15 | 122 | 56155 | 14 | 149 | 56959 | 13 | 179 | 57700 | 12 | 211 | 58387 | 11 | 246 | 25 | | | | | |
| 36 | 53230 | 19 | 77 | 54318 | 17 | 98 | 55290 | 16 | 122 | 56169 | 14 | 150 | 56972 | 13 | 179 | 57712 | 12 | 212 | 58399 | 11 | 247 | 24 | | | | | |
| 37 | 53249 | 19 | 77 | 54335 | 17 | 99 | 55305 | 15 | 123 | 56183 | 14 | 150 | 56984 | 12 | 180 | 57723 | 11 | 212 | 58410 | 11 | 248 | 23 | | | | | |
| 38 | 53268 | 19 | 77 | 54352 | 17 | 99 | 55320 | 15 | 123 | 56196 | 13 | 150 | 56997 | 13 | 180 | 57735 | 12 | 213 | 58421 | 11 | 248 | 22 | | | | | |
| 39 | 53288 | 20 | 78 | 54369 | 17 | 99 | 55336 | 16 | 124 | 56210 | 14 | 151 | 57010 | 13 | 181 | 57747 | 12 | 213 | 58432 | 11 | 249 | 21 | | | | | |
| | | 19 | | | 17 | | | 15 | | | 14 | | | 13 | | | 12 | | | 11 | | | | | | | |
| 40 | 53307 | | 78 | 54386 | | 100 | 55351 | | 124 | 56224 | | 151 | 57023 | | 181 | 57759 | | 214 | 58443 | | 249 | 20 | | | | | |
| 41 | 53326 | 19 | 78 | 54403 | 17 | 100 | 55366 | 16 | 125 | 56238 | 14 | 152 | 57035 | 12 | 182 | 57771 | 12 | 215 | 58454 | 11 | 250 | 19 | | | | | |
| 42 | 53345 | 19 | 79 | 54420 | 17 | 101 | 55382 | 15 | 125 | 56252 | 14 | 152 | 57048 | 13 | 182 | 57783 | 11 | 215 | 58465 | 11 | 251 | 18 | | | | | |
| 43 | 53364 | 19 | 79 | 54437 | 17 | 101 | 55397 | 15 | 126 | 56266 | 14 | 153 | 57061 | 13 | 183 | 57794 | 11 | 216 | 58476 | 11 | 251 | 17 | | | | | |
| 44 | 53383 | 19 | 79 | 54454 | 17 | 101 | 55412 | 15 | 126 | 56280 | 14 | 153 | 57074 | 13 | 183 | 57806 | 12 | 216 | 58487 | 11 | 252 | 16 | | | | | |
| 45 | 53402 | 19 | 80 | 54471 | 16 | 102 | 55427 | 15 | 126 | 56293 | 13 | 154 | 57086 | 13 | 184 | 57818 | 12 | 217 | 58498 | 11 | 253 | | | | | | |

Функции T, S

62409 – 65238

| | 21° | | | 22° | | | 23° | | | 24° | | | 25° | | | 26° | | | 27° | | | |
|-----------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|----|------------|--------------|----|-------------|-----------|
| | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | |
| 0 | 62409 | 7 | 597 | 62853 | 7 | 657 | 63282 | 7 | 719 | 63697 | 6 | 785 | 64098 | 7 | 854 | 64489 | 6 | 927 | 64868 | 7 | 1002 | 60 |
| 1 | 62416 | 8 | 598 | 62860 | 8 | 658 | 63289 | 7 | 721 | 63703 | 6 | 787 | 64105 | 7 | 856 | 64495 | 6 | 928 | 64875 | 6 | 1004 | 59 |
| 2 | 62424 | 7 | 599 | 62868 | 7 | 659 | 63296 | 7 | 722 | 63710 | 7 | 788 | 64112 | 6 | 857 | 64501 | 7 | 929 | 64881 | 6 | 1005 | 58 |
| 3 | 62431 | 8 | 600 | 62875 | 7 | 660 | 63303 | 7 | 723 | 63717 | 7 | 789 | 64118 | 7 | 858 | 64508 | 6 | 930 | 64887 | 6 | 1006 | 57 |
| 4 | 62439 | 7 | 601 | 62882 | 8 | 661 | 63310 | 7 | 724 | 63724 | 7 | 790 | 64125 | 6 | 859 | 64514 | 7 | 932 | 64893 | 7 | 1008 | 56 |
| 5 | 62446 | 8 | 602 | 62890 | 7 | 662 | 63317 | 7 | 725 | 63731 | 7 | 791 | 64131 | 7 | 860 | 64521 | 6 | 933 | 64900 | 7 | 1009 | 55 |
| 6 | 62454 | 7 | 603 | 62897 | 7 | 663 | 63324 | 7 | 726 | 63737 | 7 | 792 | 64138 | 7 | 862 | 64527 | 6 | 934 | 64906 | 6 | 1010 | 54 |
| 7 | 62461 | 8 | 604 | 62904 | 7 | 664 | 63331 | 7 | 727 | 63744 | 7 | 793 | 64145 | 6 | 863 | 64533 | 7 | 935 | 64912 | 6 | 1011 | 53 |
| 8 | 62469 | 7 | 605 | 62911 | 7 | 665 | 63338 | 7 | 728 | 63751 | 7 | 794 | 64151 | 7 | 864 | 64540 | 6 | 937 | 64918 | 6 | 1013 | 52 |
| 9 | 62476 | 8 | 606 | 62918 | 8 | 666 | 63345 | 7 | 729 | 63758 | 6 | 796 | 64158 | 6 | 865 | 64546 | 7 | 938 | 64924 | 7 | 1014 | 51 |
| 10 | 62484 | 7 | 607 | 62926 | 7 | 667 | 63352 | 7 | 730 | 63764 | 7 | 797 | 64164 | 7 | 866 | 64553 | 6 | 939 | 64931 | 6 | 1015 | 50 |
| 11 | 62491 | 8 | 608 | 62933 | 7 | 668 | 63359 | 7 | 731 | 63771 | 7 | 798 | 64171 | 6 | 867 | 64559 | 6 | 940 | 64937 | 6 | 1017 | 49 |
| 12 | 62499 | 7 | 609 | 62940 | 7 | 669 | 63366 | 7 | 732 | 63778 | 7 | 799 | 64177 | 7 | 869 | 64565 | 7 | 942 | 64943 | 6 | 1018 | 48 |
| 13 | 62506 | 8 | 610 | 62947 | 8 | 670 | 63373 | 7 | 733 | 63785 | 7 | 800 | 64184 | 6 | 870 | 64572 | 6 | 943 | 64949 | 7 | 1019 | 47 |
| 14 | 62514 | 7 | 611 | 62955 | 7 | 671 | 63380 | 7 | 735 | 63792 | 6 | 801 | 64190 | 7 | 871 | 64578 | 7 | 944 | 64956 | 6 | 1020 | 46 |
| 15 | 62521 | 8 | 612 | 62962 | 7 | 672 | 63387 | 7 | 736 | 63798 | 6 | 802 | 64197 | 7 | 872 | 64585 | 6 | 945 | 64962 | 6 | 1022 | 45 |
| 16 | 62529 | 7 | 613 | 62969 | 7 | 673 | 63394 | 7 | 737 | 63805 | 7 | 804 | 64204 | 6 | 873 | 64591 | 6 | 947 | 64968 | 6 | 1023 | 44 |
| 17 | 62536 | 8 | 614 | 62976 | 7 | 674 | 63401 | 7 | 738 | 63812 | 6 | 805 | 64210 | 7 | 875 | 64597 | 7 | 948 | 64974 | 6 | 1024 | 43 |
| 18 | 62544 | 7 | 615 | 62983 | 8 | 675 | 63408 | 7 | 739 | 63818 | 7 | 806 | 64217 | 6 | 876 | 64604 | 6 | 949 | 64980 | 7 | 1026 | 42 |
| 19 | 62551 | 8 | 616 | 62991 | 7 | 676 | 63415 | 7 | 740 | 63825 | 7 | 807 | 64223 | 7 | 877 | 64610 | 6 | 950 | 64987 | 6 | 1027 | 41 |
| 20 | 62559 | 7 | 617 | 62998 | 7 | 677 | 63422 | 7 | 741 | 63832 | 7 | 808 | 64230 | 6 | 878 | 64616 | 7 | 952 | 64993 | 6 | 1028 | 40 |
| 21 | 62566 | 8 | 618 | 63005 | 7 | 678 | 63429 | 7 | 742 | 63839 | 6 | 809 | 64236 | 7 | 879 | 64623 | 6 | 953 | 64999 | 6 | 1030 | 39 |
| 22 | 62574 | 7 | 619 | 63012 | 7 | 679 | 63436 | 7 | 743 | 63845 | 7 | 810 | 64243 | 6 | 881 | 64629 | 6 | 954 | 65005 | 6 | 1031 | 38 |
| 23 | 62581 | 8 | 619 | 63019 | 8 | 680 | 63443 | 7 | 744 | 63852 | 7 | 812 | 64249 | 7 | 882 | 64635 | 7 | 955 | 65011 | 6 | 1032 | 37 |
| 24 | 62588 | 7 | 620 | 63027 | 7 | 681 | 63450 | 6 | 745 | 63859 | 7 | 813 | 64256 | 6 | 883 | 64642 | 6 | 957 | 65017 | 7 | 1034 | 36 |
| 25 | 62596 | 8 | 621 | 63034 | 7 | 682 | 63456 | 6 | 747 | 63866 | 6 | 814 | 64262 | 7 | 884 | 64648 | 6 | 958 | 65024 | 6 | 1035 | 35 |
| 26 | 62603 | 7 | 622 | 63041 | 7 | 684 | 63463 | 7 | 748 | 63872 | 7 | 815 | 64269 | 6 | 885 | 64654 | 7 | 959 | 65030 | 6 | 1036 | 34 |
| 27 | 62611 | 8 | 623 | 63048 | 7 | 685 | 63470 | 7 | 749 | 63879 | 7 | 816 | 64275 | 7 | 887 | 64661 | 6 | 960 | 65036 | 6 | 1037 | 33 |
| 28 | 62618 | 7 | 624 | 63055 | 7 | 686 | 63477 | 7 | 750 | 63886 | 6 | 817 | 64282 | 6 | 888 | 64667 | 6 | 962 | 65042 | 6 | 1039 | 32 |
| 29 | 62626 | 8 | 625 | 63062 | 7 | 687 | 63484 | 7 | 751 | 63892 | 7 | 818 | 64288 | 7 | 889 | 64673 | 7 | 963 | 65048 | 7 | 1040 | 31 |
| 30 | 62633 | 7 | 626 | 63069 | 8 | 688 | 63491 | 7 | 752 | 63899 | 7 | 820 | 64295 | 6 | 890 | 64680 | 6 | 964 | 65055 | 6 | 1041 | 30 |
| 31 | 62640 | 8 | 627 | 63077 | 7 | 689 | 63498 | 7 | 753 | 63906 | 6 | 821 | 64301 | 7 | 891 | 64686 | 6 | 965 | 65061 | 6 | 1043 | 29 |
| 32 | 62648 | 7 | 628 | 63084 | 7 | 690 | 63505 | 7 | 754 | 63912 | 7 | 822 | 64308 | 6 | 893 | 64692 | 7 | 967 | 65067 | 6 | 1044 | 28 |
| 33 | 62655 | 8 | 629 | 63091 | 7 | 691 | 63512 | 7 | 755 | 63919 | 7 | 823 | 64314 | 7 | 894 | 64699 | 6 | 968 | 65073 | 6 | 1045 | 27 |
| 34 | 62663 | 7 | 630 | 63098 | 7 | 692 | 63519 | 7 | 756 | 63926 | 6 | 824 | 64321 | 6 | 895 | 64705 | 6 | 969 | 65079 | 6 | 1047 | 26 |
| 35 | 62670 | 8 | 631 | 63105 | 7 | 693 | 63526 | 6 | 758 | 63933 | 6 | 825 | 64327 | 7 | 896 | 64711 | 7 | 970 | 65085 | 7 | 1048 | 25 |
| 36 | 62677 | 7 | 632 | 63112 | 7 | 694 | 63532 | 7 | 759 | 63939 | 7 | 826 | 64334 | 6 | 897 | 64718 | 6 | 972 | 65092 | 6 | 1049 | 24 |
| 37 | 62685 | 8 | 633 | 63119 | 8 | 695 | 63539 | 7 | 760 | 63946 | 7 | 828 | 64340 | 7 | 899 | 64724 | 6 | 973 | 65098 | 6 | 1051 | 23 |
| 38 | 62692 | 7 | 634 | 63127 | 7 | 696 | 63546 | 7 | 761 | 63953 | 6 | 829 | 64347 | 6 | 900 | 64730 | 7 | 974 | 65104 | 6 | 1052 | 22 |
| 39 | 62699 | 8 | 635 | 63134 | 7 | 697 | 63553 | 7 | 762 | 63959 | 7 | 830 | 64353 | 7 | 901 | 64737 | 6 | 976 | 65110 | 6 | 1053 | 21 |
| 40 | 62707 | 7 | 636 | 63141 | 7 | 698 | 63560 | 7 | 763 | 63966 | 7 | 831 | 64360 | 6 | 902 | 64743 | 6 | 977 | 65116 | 6 | 1055 | 20 |
| 41 | 62714 | 8 | 637 | 63148 | 7 | 699 | 63567 | 7 | 764 | 63973 | 6 | 832 | 64366 | 7 | 904 | 64749 | 6 | 978 | 65122 | 6 | 1056 | 19 |
| 42 | 62722 | 7 | 638 | 63155 | 7 | 700 | 63574 | 7 | 765 | 63979 | 7 | 833 | 64373 | 6 | 905 | 64755 | 7 | 979 | 65128 | 7 | 1057 | 18 |
| 43 | 62729 | 8 | 639 | 63162 | 7 | 701 | 63581 | 6 | 766 | 63986 | 6 | 835 | 64379 | 7 | 906 | 64762 | 6 | 981 | 65135 | 6 | 1059 | 17 |
| 44 | 62736 | 7 | 640 | 63169 | 7 | 702 | 63587 | 7 | 768 | 63992 | 7 | 836 | 64386 | 6 | 907 | 64768 | 6 | 982 | 65141 | 6 | 1060 | 16 |
| 45 | 62744 | 8 | 641 | 63176 | 7 | 703 | 63594 | 7 | 769 | 63999 | 7 | 837 | 64392 | 7 | 908 | 64774 | 7 | 983 | 65147 | 6 | 1061 | 15 |
| 46 | 62751 | 7 | 642 | 63183 | 7 | 705 | 63601 | 7 | 770 | 64006 | 6 | 838 | 64399 | 6 | 910 | 64781 | 6 | 984 | 65153 | 6 | 1063 | 14 |
| 47 | 62758 | 8 | 643 | 63190 | 7 | 706 | 63608 | 7 | 771 | 64012 | 7 | 839 | 64405 | 6 | 911 | 64787 | 6 | 986 | 65159 | 6 | 1064 | 13 |
| 48 | 62766 | 7 | 644 | 63197 | 8 | 707 | 63615 | 7 | 772 | 64019 | 7 | 840 | 64411 | 7 | 912 | 64793 | 6 | 987 | 65165 | 6 | 1065 | 12 |
| 49 | 62773 | 8 | 646 | 63205 | 7 | 708 | 63622 | 6 | 773 | 64026 | 6 | 842 | 64418 | 6 | 913 | 64799 | 7 | 988 | 65171 | 6 | 1067 | 11 |
| 50 | 62780 | 7 | 647 | 63212 | 7 | 709 | 63628 | 7 | 774 | 64032 | 7 | 843 | 64424 | 7 | 915 | 64806 | 6 | 990 | 65177 | 7 | 1068 | 10 |
| 51 | 62788 | 8 | 648 | 63219 | 7 | 710 | 63635 | 7 | 775 | 64039 | 7 | 844 | 64431 | 6 | 916 | 64812 | 6 | 991 | 65184 | 6 | 1069 | 9 |
| 52 | 62795 | 7 | 649 | 63226 | 7 | 711 | 63642 | 7 | 776 | 64046 | 6 | 845 | 64437 | 7 | 917 | 64818 | 7 | 992 | 65190 | 6 | 1071 | 8 |
| 53 | 62802 | 8 | 650 | 63233 | 7 | 712 | 63649 | 7 | 778 | 64052 | 7 | 846 | 64444 | 6 | 918 | 64825 | 6 | 993 | 65196 | 6 | 1072 | 7 |
| 54 | 62809 | 7 | 651 | 63240 | 7 | 713 | 63656 | 7 | 779 | 64059 | 6 | 847 | 6445 | | | | | | | | | |

| | 28° | | 29° | | 30° | | 31° | | 32° | | 33° | | 34° | | | | | | | | | |
|----|-------|----|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|---|------|-------|------|------|----|
| | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | | S | | | | | | |
| 0 | 65238 | | 1081 | 65600 | 1164 | 65954 | 1249 | 66300 | 1339 | 66641 | 1432 | 66975 | 1528 | 67305 | 1629 | 60 | | | | | | |
| 1 | 65245 | 7 | 1083 | 65606 | 6 | 1165 | 65960 | 6 | 1251 | 66306 | 5 | 1433 | 66981 | 6 | 1530 | 67310 | 5 | 1630 | 59 | | | |
| 2 | 65251 | 6 | 1084 | 65612 | 6 | 1166 | 65965 | 5 | 1252 | 66312 | 6 | 1435 | 66986 | 5 | 1531 | 67316 | 6 | 1632 | 58 | | | |
| 3 | 65257 | 6 | 1085 | 65618 | 6 | 1168 | 65971 | 6 | 1254 | 66318 | 6 | 1436 | 66992 | 6 | 1533 | 67321 | 6 | 1634 | 57 | | | |
| 4 | 65263 | 6 | 1087 | 65624 | 6 | 1169 | 65977 | 6 | 1255 | 66323 | 5 | 1438 | 66997 | 5 | 1535 | 67327 | 5 | 1635 | 56 | | | |
| 5 | 65269 | 6 | 1088 | 65630 | 6 | 1171 | 65983 | 6 | 1257 | 66329 | 6 | 1439 | 67003 | 6 | 1536 | 67332 | 5 | 1637 | 55 | | | |
| 6 | 65275 | 6 | 1089 | 65636 | 6 | 1172 | 65989 | 6 | 1258 | 66335 | 6 | 1441 | 67009 | 6 | 1538 | 67337 | 5 | 1639 | 54 | | | |
| 7 | 65281 | 6 | 1091 | 65642 | 6 | 1173 | 65995 | 6 | 1260 | 66340 | 6 | 1443 | 67014 | 6 | 1540 | 67343 | 6 | 1640 | 53 | | | |
| 8 | 65287 | 6 | 1092 | 65648 | 6 | 1175 | 66000 | 5 | 1261 | 66346 | 6 | 1444 | 67020 | 6 | 1541 | 67348 | 5 | 1642 | 52 | | | |
| 9 | 65293 | 6 | 1093 | 65654 | 6 | 1176 | 66006 | 6 | 1263 | 66352 | 6 | 1446 | 67025 | 5 | 1543 | 67354 | 6 | 1644 | 51 | | | |
| 10 | 65299 | | 1095 | 65660 | | 1178 | 66012 | | 1264 | 66358 | | 1354 | 66697 | | 1447 | 67031 | | 1545 | 67359 | 1646 | 50 | |
| 11 | 65305 | 6 | 1096 | 65665 | 5 | 1179 | 66018 | 6 | 1265 | 66363 | 5 | 1355 | 66703 | 6 | 1449 | 67036 | 5 | 1546 | 67365 | 6 | 1647 | 49 |
| 12 | 65311 | 6 | 1097 | 65671 | 6 | 1180 | 66024 | 6 | 1267 | 66369 | 6 | 1357 | 66708 | 5 | 1451 | 67042 | 6 | 1548 | 67370 | 5 | 1649 | 48 |
| 13 | 65318 | 7 | 1099 | 65677 | 6 | 1182 | 66029 | 5 | 1268 | 66375 | 6 | 1359 | 66714 | 6 | 1452 | 67047 | 5 | 1550 | 67375 | 5 | 1651 | 47 |
| 14 | 65324 | 6 | 1100 | 65683 | 6 | 1183 | 66035 | 6 | 1270 | 66380 | 5 | 1360 | 66719 | 5 | 1454 | 67053 | 6 | 1551 | 67381 | 6 | 1652 | 46 |
| 15 | 65330 | 6 | 1102 | 65689 | 6 | 1185 | 66041 | 6 | 1271 | 66386 | 6 | 1362 | 66725 | 6 | 1455 | 67058 | 5 | 1553 | 67386 | 5 | 1654 | 45 |
| 16 | 65336 | 6 | 1103 | 65695 | 6 | 1186 | 66047 | 6 | 1273 | 66392 | 6 | 1363 | 66731 | 6 | 1457 | 67064 | 6 | 1555 | 67392 | 6 | 1656 | 44 |
| 17 | 65342 | 6 | 1104 | 65701 | 6 | 1188 | 66053 | 6 | 1274 | 66398 | 6 | 1365 | 66736 | 6 | 1459 | 67069 | 5 | 1556 | 67397 | 5 | 1658 | 43 |
| 18 | 65348 | 6 | 1106 | 65707 | 6 | 1189 | 66059 | 6 | 1276 | 66403 | 5 | 1366 | 66742 | 6 | 1460 | 67075 | 5 | 1558 | 67403 | 6 | 1659 | 42 |
| 19 | 65354 | 6 | 1107 | 65713 | 6 | 1190 | 66064 | 5 | 1277 | 66409 | 6 | 1368 | 66747 | 5 | 1462 | 67080 | 5 | 1560 | 67408 | 5 | 1661 | 41 |
| 20 | 65360 | | 1108 | 65719 | | 1192 | 66070 | | 1279 | 66415 | | 1369 | 66753 | | 1463 | 67086 | | 1561 | 67413 | | 1663 | 40 |
| 21 | 65366 | 6 | 1110 | 65725 | 6 | 1193 | 66076 | 6 | 1280 | 66420 | 5 | 1371 | 66759 | 6 | 1465 | 67091 | 5 | 1563 | 67419 | 6 | 1665 | 39 |
| 22 | 65372 | 6 | 1111 | 65731 | 6 | 1195 | 66082 | 6 | 1282 | 66426 | 6 | 1372 | 66764 | 5 | 1467 | 67097 | 6 | 1565 | 67424 | 5 | 1666 | 38 |
| 23 | 65378 | 6 | 1112 | 65737 | 6 | 1196 | 66087 | 5 | 1283 | 66432 | 6 | 1374 | 66770 | 6 | 1468 | 67102 | 5 | 1566 | 67430 | 6 | 1668 | 37 |
| 24 | 65384 | 6 | 1114 | 65742 | 6 | 1198 | 66093 | 6 | 1285 | 66437 | 5 | 1375 | 66775 | 5 | 1470 | 67108 | 6 | 1568 | 67435 | 5 | 1670 | 36 |
| 25 | 65390 | 6 | 1115 | 65748 | 6 | 1199 | 66099 | 6 | 1286 | 66443 | 6 | 1377 | 66781 | 6 | 1471 | 67113 | 5 | 1570 | 67441 | 6 | 1671 | 35 |
| 26 | 65396 | 6 | 1117 | 65754 | 6 | 1200 | 66105 | 6 | 1288 | 66449 | 6 | 1378 | 66786 | 5 | 1473 | 67119 | 6 | 1571 | 67446 | 5 | 1673 | 34 |
| 27 | 65402 | 6 | 1118 | 65760 | 6 | 1202 | 66111 | 6 | 1289 | 66454 | 5 | 1380 | 66792 | 6 | 1475 | 67124 | 5 | 1573 | 67451 | 5 | 1675 | 33 |
| 28 | 65408 | 6 | 1119 | 65766 | 6 | 1203 | 66116 | 5 | 1291 | 66460 | 6 | 1382 | 66798 | 6 | 1476 | 67130 | 6 | 1575 | 67457 | 6 | 1677 | 32 |
| 29 | 65414 | 6 | 1121 | 65772 | 6 | 1205 | 66122 | 6 | 1292 | 66466 | 5 | 1383 | 66803 | 5 | 1478 | 67135 | 5 | 1576 | 67462 | 6 | 1678 | 31 |
| 30 | 65420 | | 1122 | 65778 | | 1206 | 66128 | | 1294 | 66471 | | 1385 | 66809 | | 1479 | 67141 | | 1578 | 67468 | | 1680 | 30 |
| 31 | 65426 | 6 | 1123 | 65784 | 6 | 1207 | 66134 | 6 | 1295 | 66477 | 6 | 1386 | 66814 | 5 | 1481 | 67146 | 5 | 1580 | 67473 | 5 | 1682 | 29 |
| 32 | 65432 | 6 | 1125 | 65790 | 6 | 1209 | 66140 | 6 | 1297 | 66483 | 5 | 1388 | 66820 | 6 | 1483 | 67152 | 6 | 1581 | 67479 | 6 | 1684 | 28 |
| 33 | 65438 | 6 | 1126 | 65796 | 6 | 1210 | 66145 | 5 | 1298 | 66488 | 6 | 1389 | 66825 | 5 | 1484 | 67157 | 5 | 1583 | 67484 | 5 | 1685 | 27 |
| 34 | 65444 | 6 | 1128 | 65801 | 5 | 1212 | 66151 | 6 | 1300 | 66494 | 6 | 1391 | 66831 | 6 | 1486 | 67163 | 6 | 1585 | 67489 | 6 | 1687 | 26 |
| 35 | 65450 | 6 | 1129 | 65807 | 6 | 1213 | 66157 | 6 | 1301 | 66500 | 6 | 1392 | 66837 | 6 | 1487 | 67168 | 5 | 1586 | 67495 | 6 | 1689 | 25 |
| 36 | 65456 | 6 | 1130 | 65813 | 6 | 1215 | 66163 | 6 | 1303 | 66505 | 5 | 1394 | 66842 | 5 | 1489 | 67174 | 6 | 1588 | 67500 | 6 | 1691 | 24 |
| 37 | 65462 | 6 | 1132 | 65819 | 6 | 1216 | 66168 | 5 | 1304 | 66511 | 6 | 1396 | 66848 | 6 | 1491 | 67179 | 5 | 1590 | 67506 | 6 | 1692 | 23 |
| 38 | 65468 | 6 | 1133 | 65825 | 6 | 1218 | 66174 | 6 | 1306 | 66517 | 6 | 1397 | 66853 | 5 | 1492 | 67185 | 6 | 1591 | 67511 | 5 | 1694 | 22 |
| 39 | 65474 | 6 | 1134 | 65831 | 6 | 1219 | 66180 | 6 | 1307 | 66522 | 5 | 1399 | 66859 | 6 | 1494 | 67190 | 5 | 1593 | 67516 | 5 | 1696 | 21 |
| 40 | 65480 | | 1136 | 65837 | | 1220 | 66186 | | 1309 | 66528 | | 1400 | 66864 | | 1496 | 67195 | | 1595 | 67522 | | 1698 | 20 |
| 41 | 65486 | 6 | 1137 | 65843 | 6 | 1222 | 66191 | 5 | 1310 | 66534 | 6 | 1402 | 66870 | 6 | 1497 | 67201 | 6 | 1596 | 67527 | 5 | 1699 | 19 |
| 42 | 65492 | 6 | 1139 | 65848 | 5 | 1223 | 66197 | 6 | 1312 | 66539 | 5 | 1403 | 66876 | 6 | 1499 | 67206 | 5 | 1598 | 67533 | 6 | 1701 | 18 |
| 43 | 65498 | 6 | 1140 | 65854 | 6 | 1225 | 66203 | 6 | 1313 | 66545 | 6 | 1405 | 66881 | 5 | 1500 | 67212 | 6 | 1600 | 67538 | 5 | 1703 | 17 |
| 44 | 65504 | 6 | 1141 | 65860 | 6 | 1226 | 66209 | 6 | 1315 | 66551 | 5 | 1406 | 66887 | 6 | 1502 | 67217 | 5 | 1601 | 67543 | 6 | 1705 | 16 |
| 45 | 65510 | 6 | 1143 | 65866 | 6 | 1228 | 66214 | 6 | 1316 | 66556 | 5 | 1408 | 66892 | 5 | 1504 | 67223 | 6 | 1603 | 67549 | 6 | 1706 | 15 |
| 46 | 65516 | 6 | 1144 | 65872 | 6 | 1229 | 66220 | 6 | 1318 | 66562 | 6 | 1410 | 66898 | 6 | 1505 | 67228 | 5 | 1605 | 67554 | 6 | 1708 | 14 |
| 47 | 65522 | 6 | 1145 | 65878 | 6 | 1231 | 66226 | 6 | 1319 | 66568 | 6 | 1411 | 66903 | 6 | 1507 | 67234 | 6 | 1606 | 67560 | 6 | 1710 | 13 |
| 48 | 65528 | 6 | 1147 | 65884 | 6 | 1232 | 66232 | 6 | 1321 | 66573 | 5 | 1413 | 66909 | 5 | 1509 | 67239 | 5 | 1608 | 67565 | 5 | 1712 | 12 |
| 49 | 65534 | 6 | 1148 | 65889 | 5 | 1233 | 66237 | 6 | 1322 | 66579 | 6 | 1414 | 66914 | 5 | 1510 | 67245 | 6 | 1610 | 67570 | 5 | 1713 | 11 |
| 50 | 65540 | | 1150 | 65895 | | 1235 | 66243 | | 1324 | 66584 | | 1416 | 66920 | | 1512 | 67250 | | 1612 | 67576 | | 1715 | 10 |
| 51 | 65546 | 6 | 1151 | 65901 | 6 | 1236 | 66249 | 6 | 1325 | 66590 | 6 | 1417 | 66926 | 6 | 1513 | 67256 | 6 | 1613 | 67581 | 5 | 1717 | 9 |
| 52 | 65552 | 6 | 1152 | 65907 | 6 | 1238 | 66255 | 6 | 1327 | 66596 | 5 | 1419 | 66931 | 5 | 1515 | 67261 | 5 | 1615 | 67586 | 5 | 1719 | 8 |
| 53 | 65558 | 6 | 1154 | 65913 | 6 | 1239 | 66260 | 6 | 1328 | 66601 | 6 | 1421 | 66937 | 6 | 1517 | 67267 | 6 | 1617 | 67592 | 6 | 1720 | 7 |
| 54 | 65564 | 6 | 1155 | 65919 | 6 | 1241 | 66266 | 6 | 1330 | 66607 | 6 | 1422 | 66942 | 5 | 1518 | 67272 | 5 | 1618 | 67597 | 5 | 1722 | 6 |
| 55 | 65570 | 6 | 1157 | 65925 | 6 | 1242 | 66272 | 6 | 1331 | 66613 | 5 | 1424 | 66948 | 6 | 1520 | 67277 | 5 | 1620 | 67603 | 6 | 1724 | 5 |
| 56 | 65576 | 6 | 1158 | 65930 | 5 | 1244 | 66278 | 6 | 1333 | 66618 | 5 | 1425 | 66953 | 5 | 1522 | 67283 | 6 | | | | | |

Функции T, S

67630 – 69814

| | | 35° | | 36° | | 37° | | 38° | | 39° | | 40° | | 41° | | | |
|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
| | | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | T | ΔT | S | |
| 0 | 67630 | 1733 | 67950 | 1841 | 68267 | 1953 | 68581 | 2069 | 68892 | 2190 | 69201 | 2315 | 69508 | 2444 | 69814 | 2579 | 0 |
| 1 | 67635 | 1734 | 67956 | 1843 | 68273 | 1955 | 68586 | 2071 | 68898 | 2192 | 69206 | 2317 | 69513 | 2447 | 69819 | 2582 | 59 |
| 2 | 67640 | 1736 | 67961 | 1845 | 68278 | 1957 | 68592 | 2073 | 68903 | 2194 | 69212 | 2319 | 69518 | 2449 | 69824 | 2585 | 58 |
| 3 | 67646 | 1738 | 67966 | 1846 | 68283 | 1959 | 68597 | 2075 | 68908 | 2196 | 69217 | 2321 | 69524 | 2451 | 69829 | 2587 | 57 |
| 4 | 67651 | 1740 | 67971 | 1848 | 68288 | 1961 | 68602 | 2077 | 68913 | 2198 | 69222 | 2323 | 69529 | 2453 | 69834 | 2589 | 56 |
| 5 | 67656 | 1742 | 67977 | 1850 | 68294 | 1963 | 68607 | 2079 | 68918 | 2200 | 69227 | 2326 | 69534 | 2455 | 69839 | 2591 | 55 |
| 6 | 67662 | 1743 | 67982 | 1852 | 68299 | 1964 | 68612 | 2081 | 68923 | 2202 | 69232 | 2328 | 69539 | 2458 | 69844 | 2594 | 54 |
| 7 | 67667 | 1745 | 67987 | 1854 | 68304 | 1966 | 68618 | 2083 | 68929 | 2204 | 69237 | 2330 | 69544 | 2460 | 69849 | 2596 | 53 |
| 8 | 67673 | 1747 | 67993 | 1856 | 68309 | 1968 | 68623 | 2085 | 68934 | 2206 | 69242 | 2332 | 69549 | 2462 | 69854 | 2598 | 52 |
| 9 | 67678 | 1749 | 67998 | 1857 | 68315 | 1970 | 68628 | 2087 | 68939 | 2208 | 69247 | 2334 | 69554 | 2464 | 69859 | 2599 | 51 |
| 10 | 67683 | 1750 | 68003 | 1859 | 68320 | 1972 | 68633 | 2089 | 68944 | 2210 | 69253 | 2336 | 69559 | 2466 | 69864 | 2601 | 50 |
| 11 | 67689 | 1752 | 68009 | 1861 | 68325 | 1974 | 68638 | 2091 | 68949 | 2213 | 69258 | 2338 | 69564 | 2469 | 69869 | 2604 | 49 |
| 12 | 67694 | 1754 | 68014 | 1863 | 68330 | 1976 | 68644 | 2093 | 68954 | 2215 | 69263 | 2340 | 69569 | 2471 | 69874 | 2606 | 48 |
| 13 | 67699 | 1756 | 68019 | 1865 | 68336 | 1978 | 68649 | 2095 | 68959 | 2217 | 69268 | 2343 | 69575 | 2473 | 69879 | 2608 | 47 |
| 14 | 67705 | 1758 | 68025 | 1867 | 68341 | 1980 | 68654 | 2097 | 68965 | 2219 | 69273 | 2345 | 69580 | 2475 | 69884 | 2610 | 46 |
| 15 | 67710 | 1759 | 68030 | 1869 | 68346 | 1982 | 68659 | 2099 | 68970 | 2221 | 69278 | 2347 | 69585 | 2477 | 69889 | 2612 | 45 |
| 16 | 67715 | 1761 | 68035 | 1870 | 68351 | 1984 | 68664 | 2101 | 68975 | 2223 | 69283 | 2349 | 69590 | 2480 | 69894 | 2614 | 44 |
| 17 | 67721 | 1763 | 68040 | 1872 | 68357 | 1986 | 68670 | 2103 | 68980 | 2225 | 69288 | 2351 | 69595 | 2482 | 69899 | 2616 | 43 |
| 18 | 67726 | 1765 | 68046 | 1874 | 68362 | 1987 | 68675 | 2105 | 68985 | 2227 | 69294 | 2353 | 69600 | 2484 | 69904 | 2618 | 42 |
| 19 | 67732 | 1767 | 68051 | 1876 | 68367 | 1989 | 68680 | 2107 | 68990 | 2229 | 69299 | 2355 | 69605 | 2486 | 69909 | 2619 | 41 |
| 20 | 67737 | 1768 | 68056 | 1878 | 68372 | 1991 | 68685 | 2109 | 68996 | 2231 | 69304 | 2358 | 69610 | 2489 | 69914 | 2621 | 40 |
| 21 | 67742 | 1770 | 68062 | 1880 | 68377 | 1993 | 68690 | 2111 | 69001 | 2233 | 69309 | 2360 | 69615 | 2491 | 69919 | 2623 | 39 |
| 22 | 67748 | 1772 | 68067 | 1882 | 68383 | 1995 | 68696 | 2113 | 69006 | 2235 | 69314 | 2362 | 69620 | 2493 | 69924 | 2625 | 38 |
| 23 | 67753 | 1774 | 68072 | 1883 | 68388 | 1997 | 68701 | 2115 | 69011 | 2237 | 69319 | 2364 | 69626 | 2495 | 69929 | 2627 | 37 |
| 24 | 67758 | 1775 | 68077 | 1885 | 68393 | 1999 | 68706 | 2117 | 69016 | 2239 | 69324 | 2366 | 69631 | 2497 | 69934 | 2629 | 36 |
| 25 | 67764 | 1777 | 68083 | 1887 | 68398 | 2001 | 68711 | 2119 | 69021 | 2241 | 69329 | 2368 | 69636 | 2500 | 69939 | 2631 | 35 |
| 26 | 67769 | 1779 | 68088 | 1889 | 68404 | 2003 | 68716 | 2121 | 69026 | 2244 | 69335 | 2370 | 69641 | 2502 | 69944 | 2633 | 34 |
| 27 | 67774 | 1781 | 68093 | 1891 | 68409 | 2005 | 68722 | 2123 | 69032 | 2246 | 69340 | 2373 | 69646 | 2504 | 69949 | 2635 | 33 |
| 28 | 67780 | 1783 | 68099 | 1893 | 68414 | 2007 | 68727 | 2125 | 69037 | 2248 | 69345 | 2375 | 69651 | 2506 | 69954 | 2637 | 32 |
| 29 | 67785 | 1784 | 68104 | 1895 | 68419 | 2009 | 68732 | 2127 | 69042 | 2250 | 69350 | 2377 | 69656 | 2509 | 69959 | 2638 | 31 |
| 30 | 67790 | 1786 | 68109 | 1896 | 68425 | 2011 | 68737 | 2129 | 69047 | 2252 | 69355 | 2379 | 69661 | 2511 | 69964 | 2640 | 30 |
| 31 | 67796 | 1788 | 68114 | 1898 | 68430 | 2013 | 68742 | 2131 | 69052 | 2254 | 69360 | 2381 | 69666 | 2513 | 69969 | 2642 | 29 |
| 32 | 67801 | 1790 | 68120 | 1900 | 68435 | 2015 | 68747 | 2133 | 69057 | 2256 | 69365 | 2383 | 69671 | 2515 | 69974 | 2644 | 28 |
| 33 | 67806 | 1792 | 68125 | 1902 | 68440 | 2016 | 68753 | 2135 | 69063 | 2258 | 69370 | 2386 | 69676 | 2518 | 69979 | 2646 | 27 |
| 34 | 67812 | 1793 | 68130 | 1904 | 68446 | 2018 | 68758 | 2137 | 69068 | 2260 | 69375 | 2388 | 69682 | 2520 | 69984 | 2648 | 26 |
| 35 | 67817 | 1795 | 68136 | 1906 | 68451 | 2020 | 68763 | 2139 | 69073 | 2262 | 69381 | 2390 | 69687 | 2522 | 69989 | 2650 | 25 |
| 36 | 67822 | 1797 | 68141 | 1908 | 68456 | 2022 | 68768 | 2141 | 69078 | 2264 | 69386 | 2392 | 69692 | 2524 | 69994 | 2652 | 24 |
| 37 | 67828 | 1799 | 68146 | 1910 | 68461 | 2024 | 68773 | 2143 | 69083 | 2266 | 69391 | 2394 | 69697 | 2527 | 69999 | 2654 | 23 |
| 38 | 67833 | 1801 | 68151 | 1911 | 68466 | 2026 | 68779 | 2145 | 69088 | 2269 | 69396 | 2396 | 69702 | 2529 | 70004 | 2656 | 22 |
| 39 | 67838 | 1803 | 68157 | 1913 | 68472 | 2028 | 68784 | 2147 | 69093 | 2271 | 69401 | 2399 | 69707 | 2531 | 70009 | 2657 | 21 |
| 40 | 67844 | 1804 | 68162 | 1915 | 68477 | 2030 | 68789 | 2149 | 69099 | 2273 | 69406 | 2401 | 69712 | 2533 | 70014 | 2659 | 20 |
| 41 | 67849 | 1806 | 68167 | 1917 | 68482 | 2032 | 68794 | 2151 | 69104 | 2275 | 69411 | 2403 | 69717 | 2536 | 70019 | 2661 | 19 |
| 42 | 67854 | 1808 | 68173 | 1919 | 68487 | 2034 | 68799 | 2153 | 69109 | 2277 | 69416 | 2405 | 69722 | 2538 | 70024 | 2663 | 18 |
| 43 | 67860 | 1810 | 68178 | 1921 | 68493 | 2036 | 68804 | 2155 | 69114 | 2279 | 69421 | 2407 | 69727 | 2540 | 70029 | 2665 | 17 |
| 44 | 67865 | 1812 | 68183 | 1923 | 68498 | 2038 | 68810 | 2157 | 69119 | 2281 | 69427 | 2409 | 69732 | 2542 | 70034 | 2667 | 16 |
| 45 | 67870 | 1813 | 68188 | 1925 | 68503 | 2040 | 68815 | 2159 | 69124 | 2283 | 69432 | 2412 | 69737 | 2545 | 70039 | 2669 | 15 |
| 46 | 67876 | 1815 | 68194 | 1926 | 68508 | 2042 | 68820 | 2161 | 69129 | 2285 | 69437 | 2414 | 69743 | 2547 | 70044 | 2671 | 14 |
| 47 | 67881 | 1817 | 68199 | 1928 | 68513 | 2044 | 68825 | 2163 | 69135 | 2287 | 69442 | 2416 | 69748 | 2549 | 70049 | 2673 | 13 |
| 48 | 67886 | 1819 | 68204 | 1930 | 68519 | 2046 | 68830 | 2165 | 69140 | 2290 | 69447 | 2418 | 69753 | 2551 | 70054 | 2675 | 12 |
| 49 | 67892 | 1821 | 68209 | 1932 | 68524 | 2048 | 68836 | 2168 | 69145 | 2292 | 69452 | 2420 | 69758 | 2554 | 70059 | 2677 | 11 |
| 50 | 67897 | 1823 | 68215 | 1934 | 68529 | 2050 | 68841 | 2170 | 69150 | 2294 | 69457 | 2423 | 69763 | 2556 | 70064 | 2679 | 10 |
| 51 | 67902 | 1824 | 68220 | 1936 | 68534 | 2052 | 68846 | 2172 | 69155 | 2296 | 69462 | 2425 | 69768 | 2558 | 70069 | 2681 | 9 |
| 52 | 67908 | 1826 | 68225 | 1938 | 68540 | 2054 | 68851 | 2174 | 69160 | 2298 | 69467 | 2427 | 69773 | 2560 | 70074 | 2683 | 8 |
| 53 | 67913 | 1828 | 68230 | 1940 | 68545 | 2056 | 68856 | 2176 | 69165 | 2300 | 69473 | 2429 | 69778 | 2563 | 70079 | 2685 | 7 |
| 54 | 67918 | 1830 | 68236 | 1942 | 68550 | 2058 | 68861 | 2178 | 69170 | 2302 | 69478 | 2431 | 69783 | 2565 | 70084 | 2687 | 6 |
| 55 | 67924 | 1832 | 68241 | 1944 | 68555 | 2060 | 68867 | 2180 | 69176 | 2304 | 69483 | 2433 | 69788 | 2567 | 70089 | 2689 | 5 |
| 56 | 67929 | 1834 | 68246 | 1945 | 68560 | 2061 | 68872 | 2182 | 69181 | 2306 | 69488 | 2436 | 69793 | 2569 | 70094 | 2691 | 4 |
| 57 | 67934 | 1835 | 68252 | 1947 | 68566 | 2063 | 68877 | 2184 | 69186 | 2309 | 69493 | 2438 | 69799 | 2572 | 70099 | 2693 | 3 |
| 58 | 67940 | 1837 | 68257 | 1949 | 68571 | 2065 | 68882 | 2186 | 69191 | 2311 | 69498 | 2440 | 69804 | 2574 | 70104 | 2695 | 2 |
| 59 | 67945 | 1839 | 68262 | 1951 | 68576 | 2067 | 68887 | 2188 | 69196 | 2313 | 69503 | 2442 | 69809 | 2576 | 70109 | 2697 | 1 |
| 60 | 67950 | 1841 | 68267 | 1953 | 68581 | 2069 | 68892 | 2190 | 69201 | 231 | | | | | | | |

| | 42° | | 43° | | 44° | | 45° | | 46° | | 47° | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|----|--------------|---|-------------|---|--------------|---|-------------|---|--------------|---|-------------|---|-----------|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 69814 | | 2579 | | 70118 | | 2717 | | 70422 | | 2861 | | 70725 | | 3010 | | 71028 | | 3165 | | 71332 | | 3324 | | 60 |
| 1 | 69819 | 5 | 2581 | 2 | 70123 | 5 | 2720 | 3 | 70427 | 5 | 2864 | 3 | 70730 | 5 | 3013 | 3 | 71033 | 5 | 3167 | 2 | 71337 | 5 | 3327 | 3 | 59 |
| 2 | 69824 | 5 | 2583 | 2 | 70128 | 5 | 2722 | 2 | 70432 | 5 | 2866 | 2 | 70735 | 5 | 3015 | 2 | 71038 | 5 | 3170 | 3 | 71342 | 5 | 3330 | 3 | 58 |
| 3 | 69829 | 5 | 2585 | 2 | 70133 | 5 | 2725 | 3 | 70437 | 5 | 2869 | 3 | 70740 | 5 | 3018 | 3 | 71043 | 5 | 3172 | 2 | 71347 | 5 | 3332 | 2 | 57 |
| 4 | 69834 | 5 | 2588 | 3 | 70138 | 5 | 2727 | 2 | 70442 | 5 | 2871 | 2 | 70745 | 5 | 3020 | 2 | 71048 | 5 | 3175 | 3 | 71352 | 5 | 3335 | 3 | 56 |
| 5 | 69839 | 5 | 2590 | 2 | 70143 | 5 | 2729 | 2 | 70447 | 5 | 2874 | 3 | 70750 | 5 | 3023 | 3 | 71054 | 6 | 3178 | 3 | 71357 | 5 | 3338 | 3 | 55 |
| 6 | 69844 | 5 | 2592 | 2 | 70149 | 6 | 2732 | 3 | 70452 | 5 | 2876 | 2 | 70755 | 5 | 3025 | 2 | 71059 | 5 | 3180 | 2 | 71362 | 5 | 3341 | 3 | 54 |
| 7 | 69849 | 5 | 2594 | 2 | 70154 | 5 | 2734 | 2 | 70457 | 5 | 2878 | 3 | 70760 | 5 | 3028 | 3 | 71064 | 5 | 3183 | 3 | 71367 | 5 | 3343 | 2 | 53 |
| 8 | 69854 | 5 | 2597 | 3 | 70159 | 5 | 2736 | 2 | 70462 | 5 | 2881 | 2 | 70765 | 5 | 3031 | 3 | 71069 | 5 | 3186 | 3 | 71372 | 5 | 3346 | 3 | 52 |
| 9 | 69859 | 6 | 2599 | 2 | 70164 | 5 | 2739 | 2 | 70467 | 5 | 2883 | 3 | 70770 | 6 | 3033 | 3 | 71074 | 5 | 3188 | 3 | 71377 | 6 | 3349 | 3 | 51 |
| 10 | 69865 | | 2601 | | 70169 | | 2741 | | 70472 | | 2886 | | 70776 | | 3036 | | 71079 | | 3191 | | 71383 | | 3352 | | 50 |
| 11 | 69870 | 5 | 2604 | 3 | 70174 | 5 | 2743 | 2 | 70477 | 5 | 2888 | 2 | 70781 | 5 | 3038 | 2 | 71084 | 5 | 3193 | 2 | 71388 | 5 | 3354 | 2 | 49 |
| 12 | 69875 | 5 | 2606 | 2 | 70179 | 5 | 2746 | 3 | 70482 | 5 | 2891 | 3 | 70786 | 5 | 3041 | 3 | 71089 | 5 | 3196 | 3 | 71393 | 5 | 3357 | 3 | 48 |
| 13 | 69880 | 5 | 2608 | 2 | 70184 | 5 | 2748 | 2 | 70487 | 5 | 2893 | 3 | 70791 | 5 | 3043 | 2 | 71094 | 5 | 3199 | 3 | 71398 | 5 | 3360 | 3 | 47 |
| 14 | 69885 | 5 | 2611 | 3 | 70189 | 5 | 2751 | 3 | 70493 | 6 | 2896 | 3 | 70796 | 5 | 3046 | 3 | 71099 | 5 | 3201 | 2 | 71403 | 5 | 3362 | 2 | 46 |
| 15 | 69890 | 5 | 2613 | 2 | 70194 | 5 | 2753 | 2 | 70498 | 5 | 2898 | 2 | 70801 | 5 | 3048 | 2 | 71104 | 5 | 3204 | 3 | 71408 | 5 | 3365 | 3 | 45 |
| 16 | 69895 | 5 | 2615 | 2 | 70199 | 5 | 2755 | 2 | 70503 | 5 | 2901 | 3 | 70806 | 5 | 3051 | 3 | 71109 | 5 | 3207 | 3 | 71413 | 5 | 3368 | 3 | 44 |
| 17 | 69900 | 5 | 2617 | 2 | 70204 | 5 | 2758 | 3 | 70508 | 5 | 2903 | 2 | 70811 | 5 | 3053 | 2 | 71114 | 5 | 3209 | 3 | 71418 | 5 | 3371 | 3 | 43 |
| 18 | 69905 | 5 | 2620 | 3 | 70209 | 5 | 2760 | 2 | 70513 | 5 | 2905 | 2 | 70816 | 5 | 3056 | 3 | 71119 | 5 | 3212 | 3 | 71423 | 5 | 3373 | 2 | 42 |
| 19 | 69910 | 5 | 2622 | 2 | 70214 | 5 | 2762 | 3 | 70518 | 5 | 2908 | 2 | 70821 | 5 | 3059 | 2 | 71124 | 5 | 3215 | 3 | 71428 | 5 | 3376 | 3 | 41 |
| 20 | 69915 | | 2624 | | 70219 | | 2765 | | 70523 | | 2910 | | 70826 | | 3061 | | 71129 | | 3217 | | 71433 | | 3379 | | 40 |
| 21 | 69920 | 5 | 2627 | 3 | 70224 | 5 | 2767 | 2 | 70528 | 5 | 2913 | 3 | 70831 | 5 | 3064 | 3 | 71134 | 5 | 3220 | 3 | 71438 | 5 | 3382 | 3 | 39 |
| 22 | 69925 | 5 | 2629 | 2 | 70230 | 6 | 2770 | 3 | 70533 | 5 | 2915 | 2 | 70836 | 5 | 3066 | 2 | 71140 | 6 | 3223 | 3 | 71443 | 5 | 3384 | 2 | 38 |
| 23 | 69931 | 5 | 2631 | 2 | 70235 | 5 | 2772 | 2 | 70538 | 5 | 2918 | 3 | 70841 | 5 | 3069 | 3 | 71145 | 5 | 3225 | 2 | 71448 | 5 | 3387 | 3 | 37 |
| 24 | 69936 | 5 | 2634 | 3 | 70240 | 5 | 2774 | 3 | 70543 | 5 | 2920 | 3 | 70846 | 5 | 3071 | 3 | 71150 | 5 | 3228 | 3 | 71454 | 6 | 3390 | 3 | 36 |
| 25 | 69941 | 5 | 2636 | 2 | 70245 | 5 | 2777 | 2 | 70548 | 5 | 2923 | 3 | 70851 | 5 | 3074 | 3 | 71155 | 5 | 3230 | 3 | 71459 | 5 | 3393 | 3 | 35 |
| 26 | 69946 | 5 | 2638 | 2 | 70250 | 5 | 2779 | 2 | 70553 | 5 | 2925 | 2 | 70856 | 5 | 3076 | 2 | 71160 | 5 | 3233 | 3 | 71464 | 5 | 3395 | 2 | 34 |
| 27 | 69951 | 5 | 2640 | 2 | 70255 | 5 | 2782 | 3 | 70558 | 5 | 2928 | 3 | 70861 | 5 | 3079 | 3 | 71165 | 5 | 3236 | 3 | 71469 | 5 | 3398 | 3 | 33 |
| 28 | 69956 | 5 | 2643 | 3 | 70260 | 5 | 2784 | 2 | 70563 | 5 | 2930 | 2 | 70866 | 5 | 3082 | 2 | 71170 | 5 | 3238 | 2 | 71474 | 5 | 3401 | 3 | 32 |
| 29 | 69961 | 5 | 2645 | 2 | 70265 | 5 | 2786 | 3 | 70568 | 5 | 2933 | 3 | 70872 | 6 | 3084 | 3 | 71175 | 5 | 3241 | 3 | 71479 | 5 | 3404 | 3 | 31 |
| 30 | 69966 | | 2647 | | 70270 | | 2789 | | 70573 | | 2935 | | 70877 | | 3087 | | 71180 | | 3244 | | 71484 | | 3406 | | 30 |
| 31 | 69971 | 5 | 2650 | 3 | 70275 | 5 | 2791 | 2 | 70578 | 5 | 2938 | 3 | 70882 | 5 | 3089 | 2 | 71185 | 5 | 3246 | 2 | 71489 | 5 | 3409 | 3 | 29 |
| 32 | 69976 | 5 | 2652 | 2 | 70280 | 5 | 2794 | 3 | 70584 | 6 | 2940 | 2 | 70887 | 5 | 3092 | 3 | 71190 | 5 | 3249 | 3 | 71494 | 5 | 3412 | 3 | 28 |
| 33 | 69981 | 5 | 2654 | 2 | 70285 | 5 | 2796 | 2 | 70589 | 5 | 2943 | 3 | 70892 | 5 | 3094 | 3 | 71195 | 5 | 3252 | 3 | 71499 | 5 | 3415 | 3 | 27 |
| 34 | 69986 | 5 | 2657 | 3 | 70290 | 5 | 2798 | 2 | 70594 | 5 | 2945 | 2 | 70897 | 5 | 3097 | 3 | 71200 | 5 | 3254 | 2 | 71504 | 5 | 3417 | 2 | 26 |
| 35 | 69991 | 5 | 2659 | 2 | 70295 | 5 | 2801 | 3 | 70599 | 5 | 2948 | 3 | 70902 | 5 | 3100 | 3 | 71205 | 5 | 3257 | 3 | 71509 | 5 | 3420 | 3 | 25 |
| 36 | 69996 | 6 | 2661 | 2 | 70300 | 5 | 2803 | 2 | 70604 | 5 | 2950 | 2 | 70907 | 5 | 3102 | 3 | 71210 | 5 | 3260 | 3 | 71514 | 5 | 3423 | 3 | 24 |
| 37 | 70002 | 5 | 2664 | 3 | 70305 | 5 | 2806 | 3 | 70609 | 5 | 2953 | 3 | 70912 | 5 | 3105 | 3 | 71215 | 5 | 3262 | 2 | 71519 | 5 | 3426 | 3 | 23 |
| 38 | 70007 | 5 | 2666 | 2 | 70310 | 5 | 2808 | 2 | 70614 | 5 | 2955 | 2 | 70917 | 5 | 3107 | 2 | 71220 | 5 | 3265 | 3 | 71525 | 5 | 3428 | 2 | 22 |
| 39 | 70012 | 5 | 2668 | 3 | 70316 | 6 | 2810 | 2 | 70619 | 5 | 2958 | 3 | 70922 | 5 | 3110 | 3 | 71226 | 6 | 3268 | 3 | 71530 | 5 | 3431 | 3 | 21 |
| 40 | 70017 | | 2671 | | 70321 | | 2813 | | 70624 | | 2960 | | 70927 | | 3113 | | 71231 | | 3270 | | 71535 | | 3434 | | 20 |
| 41 | 70022 | 5 | 2673 | 2 | 70326 | 5 | 2815 | 2 | 70629 | 5 | 2963 | 3 | 70932 | 5 | 3115 | 2 | 71236 | 5 | 3273 | 3 | 71540 | 5 | 3437 | 3 | 19 |
| 42 | 70027 | 5 | 2675 | 3 | 70331 | 5 | 2818 | 3 | 70634 | 5 | 2965 | 2 | 70937 | 5 | 3118 | 3 | 71241 | 5 | 3276 | 3 | 71545 | 5 | 3440 | 3 | 18 |
| 43 | 70032 | 5 | 2678 | 2 | 70336 | 5 | 2820 | 2 | 70639 | 5 | 2968 | 3 | 70942 | 5 | 3120 | 2 | 71246 | 5 | 3278 | 3 | 71550 | 5 | 3442 | 3 | 17 |
| 44 | 70037 | 5 | 2680 | 2 | 70341 | 5 | 2822 | 2 | 70644 | 5 | 2970 | 2 | 70947 | 5 | 3123 | 3 | 71251 | 5 | 3281 | 3 | 71555 | 5 | 3445 | 3 | 16 |
| 45 | 70042 | 5 | 2682 | 3 | 70346 | 5 | 2825 | 3 | 70649 | 5 | 2973 | 3 | 70952 | 5 | 3125 | 2 | 71256 | 5 | 3284 | 3 | 71560 | 5 | 3448 | 3 | 15 |
| 46 | 70047 | 5 | 2685 | 3 | 70351 | 5 | 2827 | 2 | 70654 | 5 | 2975 | 2 | 70957 | 5 | 3128 | 3 | 71261 | 5 | 3287 | 3 | 71565 | 5 | 3451 | 3 | 14 |
| 47 | 70052 | 5 | 2687 | 2 | 70356 | 5 | 2830 | 3 | 70659 | 5 | 2978 | 3 | 70963 | 5 | 3131 | 3 | 71266 | 5 | 3289 | 2 | 71570 | 5 | 3453 | 2 | 13 |
| 48 | 70057 | 5 | 2689 | 2 | 70361 | 5 | 2832 | 2 | 70664 | 5 | 2980 | 2 | 70968 | 5 | 3133 | 2 | 71271 | 5 | 3292 | 3 | 71575 | 5 | 3456 | 3 | 12 |
| 49 | 70062 | 5 | 2692 | 3 | 70366 | 5 | 2835 | 3 | 70669 | 5 | 2983 | 3 | 70973 | 5 | 3136 | 3 | 71276 | 5 | 3295 | 2 | 71580 | 5 | 3459 | 3 | 11 |
| 50 | 70067 | | 2694 | | 70371 | | 2837 | | 70674 | | 2985 | | 70978 | | 3138 | | 71281 | | 3297 | | 71585 | | 3462 | | 10 |

Функции T, S

71636 – 73500

| | 48° | | 49° | | 50° | | 51° | | 52° | | 53° | | |
|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
| ' | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | ' |
| 0 | 71636 | 3490 | 71942 | 3661 | 72249 | 3839 | 72558 | 4023 | 72869 | 4213 | 73183 | 4411 | 60 |
| 1 | 71641 | 3493 | 71947 | 3664 | 72254 | 3842 | 72563 | 4026 | 72874 | 4216 | 73188 | 4414 | 59 |
| 2 | 71646 | 3495 | 71952 | 3667 | 72259 | 3845 | 72568 | 4029 | 72879 | 4220 | 73193 | 4417 | 58 |
| 3 | 71651 | 3498 | 71957 | 3670 | 72264 | 3848 | 72573 | 4032 | 72884 | 4223 | 73198 | 4421 | 57 |
| 4 | 71657 | 3501 | 71962 | 3673 | 72269 | 3851 | 72578 | 4035 | 72889 | 4226 | 73204 | 4424 | 56 |
| 5 | 71662 | 3504 | 71967 | 3676 | 72274 | 3854 | 72583 | 4038 | 72895 | 4229 | 73209 | 4428 | 55 |
| 6 | 71667 | 3507 | 71972 | 3679 | 72280 | 3857 | 72589 | 4041 | 72900 | 4233 | 73214 | 4431 | 54 |
| 7 | 71672 | 3509 | 71977 | 3682 | 72285 | 3860 | 72594 | 4044 | 72905 | 4236 | 73220 | 4434 | 53 |
| 8 | 71677 | 3512 | 71983 | 3684 | 72290 | 3863 | 72599 | 4048 | 72910 | 4239 | 73225 | 4438 | 52 |
| 9 | 71682 | 3515 | 71988 | 3687 | 72295 | 3866 | 72604 | 4051 | 72916 | 4242 | 73230 | 4441 | 51 |
| 10 | 71687 | 3518 | 71993 | 3690 | 72300 | 3869 | 72609 | 4054 | 72921 | 4246 | 73235 | 4444 | 50 |
| 11 | 71692 | 3521 | 71998 | 3693 | 72305 | 3872 | 72614 | 4057 | 72926 | 4249 | 73241 | 4448 | 49 |
| 12 | 71697 | 3524 | 72003 | 3696 | 72310 | 3875 | 72620 | 4060 | 72931 | 4252 | 73246 | 4451 | 48 |
| 13 | 71702 | 3526 | 72008 | 3699 | 72315 | 3878 | 72625 | 4063 | 72937 | 4255 | 73251 | 4454 | 47 |
| 14 | 71707 | 3529 | 72013 | 3702 | 72321 | 3881 | 72630 | 4066 | 72942 | 4259 | 73256 | 4458 | 46 |
| 15 | 71713 | 3532 | 72018 | 3705 | 72326 | 3884 | 72635 | 4070 | 72947 | 4262 | 73262 | 4461 | 45 |
| 16 | 71718 | 3535 | 72023 | 3708 | 72331 | 3887 | 72640 | 4073 | 72952 | 4265 | 73267 | 4465 | 44 |
| 17 | 71723 | 3538 | 72029 | 3711 | 72336 | 3890 | 72646 | 4076 | 72957 | 4268 | 73272 | 4468 | 43 |
| 18 | 71728 | 3541 | 72034 | 3714 | 72341 | 3893 | 72651 | 4079 | 72963 | 4272 | 73277 | 4471 | 42 |
| 19 | 71733 | 3543 | 72039 | 3717 | 72346 | 3896 | 72656 | 4082 | 72968 | 4275 | 73283 | 4475 | 41 |
| 20 | 71738 | 3546 | 72044 | 3720 | 72351 | 3899 | 72661 | 4085 | 72973 | 4278 | 73288 | 4478 | 40 |
| 21 | 71743 | 3549 | 72049 | 3723 | 72357 | 3902 | 72666 | 4088 | 72978 | 4282 | 73293 | 4482 | 39 |
| 22 | 71748 | 3552 | 72054 | 3726 | 72362 | 3905 | 72671 | 4092 | 72984 | 4285 | 73299 | 4485 | 38 |
| 23 | 71753 | 3555 | 72059 | 3729 | 72367 | 3908 | 72677 | 4095 | 72989 | 4288 | 73304 | 4488 | 37 |
| 24 | 71758 | 3558 | 72064 | 3731 | 72372 | 3911 | 72682 | 4098 | 72994 | 4291 | 73309 | 4492 | 36 |
| 25 | 71763 | 3560 | 72069 | 3734 | 72377 | 3914 | 72687 | 4101 | 72999 | 4295 | 73314 | 4495 | 35 |
| 26 | 71768 | 3563 | 72075 | 3737 | 72382 | 3918 | 72692 | 4104 | 73004 | 4298 | 73320 | 4499 | 34 |
| 27 | 71774 | 3566 | 72080 | 3740 | 72387 | 3921 | 72697 | 4107 | 73010 | 4301 | 73325 | 4502 | 33 |
| 28 | 71779 | 3569 | 72085 | 3743 | 72393 | 3924 | 72703 | 4111 | 73015 | 4304 | 73330 | 4505 | 32 |
| 29 | 71784 | 3572 | 72090 | 3746 | 72398 | 3927 | 72708 | 4114 | 73020 | 4308 | 73336 | 4509 | 31 |
| 30 | 71789 | 3575 | 72095 | 3749 | 72403 | 3930 | 72713 | 4117 | 73025 | 4311 | 73341 | 4512 | 30 |
| 31 | 71794 | 3578 | 72100 | 3752 | 72408 | 3933 | 72718 | 4120 | 73031 | 4314 | 73346 | 4516 | 29 |
| 32 | 71799 | 3580 | 72105 | 3755 | 72413 | 3936 | 72723 | 4123 | 73036 | 4318 | 73351 | 4519 | 28 |
| 33 | 71804 | 3583 | 72110 | 3758 | 72418 | 3939 | 72728 | 4127 | 73041 | 4321 | 73357 | 4523 | 27 |
| 34 | 71809 | 3586 | 72115 | 3761 | 72424 | 3942 | 72734 | 4130 | 73046 | 4324 | 73362 | 4526 | 26 |
| 35 | 71814 | 3589 | 72121 | 3764 | 72429 | 3945 | 72739 | 4133 | 73052 | 4328 | 73367 | 4529 | 25 |
| 36 | 71819 | 3592 | 72126 | 3767 | 72434 | 3948 | 72744 | 4136 | 73057 | 4331 | 73373 | 4533 | 24 |
| 37 | 71824 | 3595 | 72131 | 3770 | 72439 | 3951 | 72749 | 4139 | 73062 | 4334 | 73378 | 4536 | 23 |
| 38 | 71830 | 3598 | 72136 | 3773 | 72444 | 3954 | 72754 | 4142 | 73067 | 4337 | 73383 | 4540 | 22 |
| 39 | 71835 | 3600 | 72141 | 3776 | 72449 | 3957 | 72760 | 4146 | 73073 | 4341 | 73388 | 4543 | 21 |
| 40 | 71840 | 3603 | 72146 | 3779 | 72454 | 3961 | 72765 | 4149 | 73078 | 4344 | 73394 | 4546 | 20 |
| 41 | 71845 | 3606 | 72151 | 3782 | 72460 | 3964 | 72770 | 4152 | 73083 | 4347 | 73399 | 4550 | 19 |
| 42 | 71850 | 3609 | 72156 | 3785 | 72465 | 3967 | 72775 | 4155 | 73088 | 4351 | 73404 | 4553 | 18 |
| 43 | 71855 | 3612 | 72162 | 3788 | 72470 | 3970 | 72780 | 4158 | 73093 | 4354 | 73410 | 4557 | 17 |
| 44 | 71860 | 3615 | 72167 | 3791 | 72475 | 3973 | 72786 | 4162 | 73099 | 4357 | 73415 | 4560 | 16 |
| 45 | 71865 | 3618 | 72172 | 3794 | 72480 | 3976 | 72791 | 4165 | 73104 | 4361 | 73420 | 4564 | 15 |
| 46 | 71870 | 3621 | 72177 | 3797 | 72485 | 3979 | 72796 | 4168 | 73109 | 4364 | 73425 | 4567 | 14 |
| 47 | 71875 | 3624 | 72182 | 3800 | 72491 | 3982 | 72801 | 4171 | 73114 | 4367 | 73431 | 4571 | 13 |
| 48 | 71881 | 3626 | 72187 | 3803 | 72496 | 3985 | 72806 | 4174 | 73120 | 4371 | 73436 | 4574 | 12 |
| 49 | 71886 | 3629 | 72192 | 3806 | 72501 | 3988 | 72812 | 4178 | 73125 | 4374 | 73441 | 4578 | 11 |
| 50 | 71891 | 3632 | 72197 | 3809 | 72506 | 3991 | 72817 | 4181 | 73130 | 4377 | 73447 | 4581 | 10 |
| 51 | 71896 | 3635 | 72203 | 3812 | 72511 | 3995 | 72822 | 4184 | 73135 | 4381 | 73452 | 4584 | 9 |
| 52 | 71901 | 3638 | 72208 | 3815 | 72516 | 3998 | 72827 | 4187 | 73141 | 4384 | 73457 | 4588 | 8 |
| 53 | 71906 | 3641 | 72213 | 3818 | 72521 | 4001 | 72832 | 4191 | 73146 | 4387 | 73463 | 4591 | 7 |
| 54 | 71911 | 3644 | 72218 | 3821 | 72527 | 4004 | 72838 | 4194 | 73151 | 4391 | 73468 | 4595 | 6 |
| 55 | 71916 | 3647 | 72223 | 3824 | 72532 | 4007 | 72843 | 4197 | 73156 | 4394 | 73473 | 4598 | 5 |
| 56 | 71921 | 3650 | 72228 | 3827 | 72537 | 4010 | 72848 | 4200 | 73162 | 4397 | 73479 | 4602 | 4 |
| 57 | 71926 | 3652 | 72233 | 3830 | 72542 | 4013 | 72853 | 4203 | 73167 | 4401 | 73484 | 4605 | 3 |
| 58 | 71932 | 3655 | 72238 | 3833 | 72547 | 4016 | 72858 | 4207 | 73172 | 4404 | 73489 | 4609 | 2 |
| 59 | 71937 | 3658 | 72244 | 3836 | 72552 | 4019 | 72864 | 4210 | 73177 | 4407 | 73494 | 4612 | 1 |
| 60 | 71942 | 3661 | 72249 | 3839 | 72558 | 4023 | 72869 | 4213 | 73183 | 4411 | 73500 | 4616 | 0 |
| ' | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | T ΔT | S ΔS | ' |
| | 131° | | 130° | | 129° | | 128° | | 127° | | 126° | | |

73500 – 75496

Функции T, S

| | 54° | | 55° | | 56° | | 57° | | 58° | | 59° | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-----|------|----|-------|----|------|----|-------|----|------|----|-------|---|------|---|-------|---|------|---|-------|---|------|---|----|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 73500 | | 4616 | | 73820 | | 4828 | | 74145 | | 5049 | | 74475 | | 5278 | | 74809 | | 5516 | | 75150 | | 5763 | | 60 |
| 1 | 73505 | 5 | 4619 | 3 | 73826 | 3 | 4832 | 3 | 74151 | 5 | 5053 | 3 | 74480 | 3 | 5282 | 3 | 74815 | 5 | 5520 | 3 | 75155 | 5 | 5767 | 3 | 59 |
| 2 | 73510 | 5 | 4623 | 2 | 73831 | 5 | 4835 | 3 | 74156 | 5 | 5056 | 3 | 74486 | 5 | 5286 | 3 | 74820 | 5 | 5524 | 4 | 75161 | 5 | 5772 | 3 | 58 |
| 3 | 73516 | 6 | 4626 | 3 | 73837 | 5 | 4839 | 3 | 74162 | 5 | 5060 | 3 | 74491 | 5 | 5290 | 3 | 74826 | 6 | 5528 | 3 | 75167 | 6 | 5776 | 4 | 57 |
| 4 | 73521 | 6 | 4630 | 3 | 73842 | 5 | 4843 | 3 | 74167 | 5 | 5064 | 3 | 74497 | 5 | 5293 | 3 | 74832 | 6 | 5532 | 3 | 75172 | 6 | 5780 | 3 | 56 |
| 5 | 73526 | 5 | 4633 | 3 | 73847 | 5 | 4846 | 3 | 74173 | 6 | 5068 | 3 | 74502 | 5 | 5297 | 3 | 74837 | 5 | 5536 | 4 | 75178 | 5 | 5784 | 4 | 55 |
| 6 | 73532 | 5 | 4637 | 3 | 73853 | 5 | 4850 | 3 | 74178 | 6 | 5071 | 3 | 74508 | 6 | 5301 | 3 | 74843 | 5 | 5540 | 4 | 75184 | 5 | 5788 | 3 | 54 |
| 7 | 73537 | 5 | 4640 | 3 | 73858 | 5 | 4853 | 3 | 74183 | 5 | 5075 | 3 | 74513 | 5 | 5305 | 4 | 74849 | 5 | 5544 | 3 | 75190 | 6 | 5793 | 4 | 53 |
| 8 | 73542 | 5 | 4644 | 3 | 73864 | 5 | 4857 | 3 | 74189 | 5 | 5079 | 3 | 74519 | 5 | 5309 | 4 | 74854 | 5 | 5548 | 3 | 75195 | 5 | 5797 | 4 | 52 |
| 9 | 73548 | 5 | 4647 | 3 | 73869 | 5 | 4861 | 3 | 74194 | 5 | 5083 | 3 | 74524 | 5 | 5313 | 3 | 74860 | 5 | 5552 | 4 | 75201 | 5 | 5801 | 3 | 51 |
| 10 | 73553 | 5 | 4651 | 3 | 73874 | 5 | 4864 | 3 | 74200 | 5 | 5086 | 3 | 74530 | 5 | 5317 | 3 | 74866 | 5 | 5556 | 3 | 75207 | 6 | 5805 | 4 | 50 |
| 11 | 73558 | 5 | 4654 | 3 | 73880 | 5 | 4868 | 3 | 74205 | 5 | 5090 | 3 | 74536 | 5 | 5321 | 3 | 74871 | 5 | 5560 | 3 | 75213 | 6 | 5810 | 4 | 49 |
| 12 | 73564 | 5 | 4658 | 3 | 73885 | 5 | 4872 | 3 | 74211 | 5 | 5094 | 3 | 74541 | 5 | 5325 | 3 | 74877 | 5 | 5565 | 3 | 75218 | 5 | 5814 | 3 | 48 |
| 13 | 73569 | 5 | 4661 | 3 | 73890 | 5 | 4875 | 3 | 74216 | 6 | 5098 | 3 | 74547 | 5 | 5329 | 3 | 74882 | 6 | 5569 | 4 | 75224 | 5 | 5818 | 3 | 47 |
| 14 | 73574 | 5 | 4665 | 3 | 73896 | 5 | 4879 | 3 | 74222 | 6 | 5101 | 3 | 74552 | 5 | 5333 | 3 | 74888 | 6 | 5573 | 4 | 75230 | 5 | 5822 | 4 | 46 |
| 15 | 73580 | 6 | 4668 | 3 | 73901 | 5 | 4883 | 3 | 74227 | 5 | 5105 | 3 | 74558 | 5 | 5336 | 4 | 74894 | 6 | 5577 | 3 | 75236 | 6 | 5827 | 3 | 45 |
| 16 | 73585 | 5 | 4672 | 3 | 73907 | 5 | 4886 | 3 | 74233 | 5 | 5109 | 3 | 74563 | 5 | 5340 | 3 | 74899 | 5 | 5581 | 3 | 75241 | 5 | 5831 | 4 | 44 |
| 17 | 73590 | 5 | 4675 | 3 | 73912 | 5 | 4890 | 3 | 74238 | 5 | 5113 | 3 | 74569 | 6 | 5344 | 3 | 74905 | 6 | 5585 | 4 | 75247 | 5 | 5835 | 3 | 43 |
| 18 | 73596 | 5 | 4679 | 3 | 73917 | 5 | 4893 | 3 | 74244 | 5 | 5117 | 3 | 74574 | 5 | 5348 | 3 | 74911 | 6 | 5589 | 4 | 75253 | 6 | 5839 | 4 | 42 |
| 19 | 73601 | 5 | 4682 | 3 | 73923 | 5 | 4897 | 3 | 74249 | 5 | 5120 | 3 | 74580 | 5 | 5352 | 3 | 74916 | 5 | 5593 | 3 | 75259 | 5 | 5844 | 3 | 41 |
| 20 | 73606 | 5 | 4686 | 3 | 73928 | 5 | 4901 | 3 | 74255 | 6 | 5124 | 3 | 74586 | 5 | 5356 | 3 | 74922 | 5 | 5597 | 4 | 75264 | 5 | 5848 | 4 | 40 |
| 21 | 73612 | 5 | 4689 | 3 | 73934 | 5 | 4904 | 3 | 74260 | 5 | 5128 | 3 | 74591 | 5 | 5360 | 4 | 74928 | 6 | 5601 | 4 | 75270 | 6 | 5852 | 3 | 39 |
| 22 | 73617 | 5 | 4693 | 3 | 73939 | 5 | 4908 | 3 | 74265 | 5 | 5132 | 3 | 74597 | 5 | 5364 | 4 | 74933 | 6 | 5605 | 3 | 75276 | 5 | 5856 | 3 | 38 |
| 23 | 73622 | 5 | 4696 | 3 | 73944 | 5 | 4912 | 3 | 74271 | 5 | 5136 | 3 | 74602 | 6 | 5368 | 3 | 74939 | 6 | 5610 | 3 | 75282 | 5 | 5861 | 3 | 37 |
| 24 | 73628 | 5 | 4700 | 3 | 73950 | 5 | 4915 | 3 | 74276 | 5 | 5139 | 3 | 74608 | 6 | 5372 | 3 | 74945 | 6 | 5614 | 4 | 75287 | 5 | 5865 | 3 | 36 |
| 25 | 73633 | 5 | 4703 | 3 | 73955 | 5 | 4919 | 3 | 74282 | 5 | 5143 | 3 | 74613 | 5 | 5376 | 3 | 74950 | 6 | 5618 | 4 | 75293 | 5 | 5869 | 3 | 35 |
| 26 | 73638 | 5 | 4707 | 3 | 73961 | 5 | 4923 | 3 | 74287 | 5 | 5147 | 4 | 74619 | 5 | 5380 | 3 | 74956 | 6 | 5622 | 3 | 75299 | 6 | 5873 | 4 | 34 |
| 27 | 73644 | 6 | 4710 | 3 | 73966 | 5 | 4926 | 3 | 74293 | 6 | 5151 | 3 | 74625 | 6 | 5384 | 4 | 74962 | 6 | 5626 | 3 | 75305 | 5 | 5878 | 3 | 33 |
| 28 | 73649 | 5 | 4714 | 3 | 73971 | 5 | 4930 | 3 | 74298 | 5 | 5155 | 3 | 74630 | 5 | 5388 | 3 | 74967 | 6 | 5630 | 4 | 75310 | 6 | 5882 | 4 | 32 |
| 29 | 73654 | 5 | 4717 | 3 | 73977 | 5 | 4934 | 3 | 74304 | 5 | 5158 | 3 | 74636 | 5 | 5392 | 3 | 74973 | 5 | 5634 | 3 | 75316 | 5 | 5886 | 3 | 31 |
| 30 | 73660 | 5 | 4721 | 3 | 73982 | 5 | 4937 | 3 | 74309 | 5 | 5162 | 3 | 74641 | 5 | 5396 | 3 | 74979 | 6 | 5638 | 3 | 75322 | 5 | 5891 | 4 | 30 |
| 31 | 73665 | 5 | 4724 | 3 | 73988 | 5 | 4941 | 3 | 74315 | 5 | 5166 | 3 | 74647 | 5 | 5400 | 3 | 74984 | 6 | 5642 | 3 | 75328 | 5 | 5895 | 3 | 29 |
| 32 | 73670 | 5 | 4728 | 3 | 73993 | 5 | 4945 | 3 | 74320 | 5 | 5170 | 3 | 74652 | 5 | 5404 | 3 | 74990 | 6 | 5647 | 4 | 75334 | 5 | 5899 | 3 | 28 |
| 33 | 73676 | 5 | 4732 | 3 | 73999 | 5 | 4948 | 3 | 74326 | 5 | 5174 | 3 | 74658 | 6 | 5408 | 4 | 74996 | 6 | 5651 | 3 | 75339 | 6 | 5904 | 4 | 27 |
| 34 | 73681 | 5 | 4735 | 3 | 74004 | 5 | 4952 | 3 | 74331 | 6 | 5177 | 3 | 74664 | 6 | 5412 | 3 | 75001 | 6 | 5655 | 4 | 75345 | 5 | 5908 | 3 | 26 |
| 35 | 73686 | 5 | 4739 | 3 | 74009 | 5 | 4956 | 3 | 74337 | 5 | 5181 | 3 | 74669 | 5 | 5416 | 3 | 75007 | 6 | 5659 | 4 | 75351 | 5 | 5912 | 4 | 25 |
| 36 | 73692 | 5 | 4742 | 3 | 74015 | 5 | 4960 | 3 | 74342 | 5 | 5185 | 3 | 74675 | 5 | 5420 | 3 | 75013 | 6 | 5663 | 3 | 75357 | 6 | 5916 | 4 | 24 |
| 37 | 73697 | 5 | 4746 | 3 | 74020 | 5 | 4963 | 3 | 74348 | 5 | 5189 | 3 | 74680 | 5 | 5423 | 3 | 75018 | 6 | 5667 | 3 | 75363 | 5 | 5921 | 3 | 23 |
| 38 | 73702 | 6 | 4749 | 3 | 74026 | 5 | 4967 | 3 | 74353 | 5 | 5193 | 3 | 74686 | 6 | 5427 | 4 | 75024 | 6 | 5671 | 4 | 75368 | 5 | 5925 | 3 | 22 |
| 39 | 73708 | 5 | 4753 | 3 | 74031 | 5 | 4971 | 3 | 74359 | 5 | 5197 | 4 | 74691 | 5 | 5431 | 3 | 75030 | 5 | 5676 | 3 | 75374 | 6 | 5929 | 3 | 21 |
| 40 | 73713 | 5 | 4756 | 3 | 74037 | 5 | 4974 | 3 | 74364 | 6 | 5201 | 3 | 74697 | 5 | 5435 | 3 | 75035 | 5 | 5680 | 3 | 75380 | 5 | 5934 | 4 | 20 |
| 41 | 73718 | 5 | 4760 | 3 | 74042 | 5 | 4978 | 3 | 74370 | 5 | 5204 | 3 | 74703 | 5 | 5439 | 3 | 75041 | 5 | 5684 | 4 | 75386 | 5 | 5938 | 3 | 19 |
| 42 | 73724 | 5 | 4764 | 3 | 74047 | 5 | 4982 | 3 | 74375 | 5 | 5208 | 3 | 74708 | 5 | 5443 | 3 | 75047 | 5 | 5688 | 4 | 75391 | 5 | 5942 | 3 | 18 |
| 43 | 73729 | 5 | 4767 | 3 | 74053 | 5 | 4985 | 3 | 74381 | 5 | 5212 | 3 | 74714 | 5 | 5447 | 3 | 75052 | 5 | 5692 | 3 | 75397 | 6 | 5947 | 4 | 17 |
| 44 | 73735 | 5 | 4771 | 3 | 74058 | 5 | 4989 | 3 | 74386 | 5 | 5216 | 3 | 74719 | 6 | 5451 | 4 | 75058 | 6 | 5696 | 4 | 75403 | 5 | 5951 | 4 | 16 |
| 45 | 73740 | 5 | 4774 | 3 | 74064 | 5 | 4993 | 3 | 74392 | 5 | 5220 | 3 | 74725 | 5 | 5455 | 3 | 75064 | 6 | 5700 | 4 | 75409 | 5 | 5955 | 3 | 15 |
| 46 | 73745 | 5 | 4778 | 3 | 74069 | 5 | 4997 | 3 | 74397 | 5 | 5224 | 3 | 74731 | 5 | 5459 | 3 | 75070 | 6 | 5705 | 3 | 75415 | 6 | 5960 | 4 | 14 |
| 47 | 73751 | 5 | 4781 | 3 | 74075 | 5 | 5000 | 3 | 74403 | 6 | 5227 | 3 | 74736 | 5 | 5463 | 3 | 75075 | 6 | 5709 | 3 | 75421 | 5 | 5964 | 3 | 13 |
| 48 | 73756 | 6 | 4785 | 3 | 74080 | 5 | 5004 | 3 | 74408 | 5 | 5231 | 3 | 74742 | 6 | 5467 | 4 | 75081 | 6 | 5713 | 4 | 75426 | 5 | 5968 | 4 | 12 |
| 49 | 73761 | 5 | 4789 | 3 | 74085 | 5 | 5008 | 3 | 74414 | 5 | 5235 | 3 | 74747 | 5 | 5471 | 3 | 75087 | 5 | 5717 | 3 | 75432 | 6 | 5973 | 3 | 11 |
| 50 | 73767 | 5 | 4792 | 3 | 74091 | 6 | 5011 | 3 | 74419 | 5 | 5239 | 4 | 74753 | 5 | 5476 | 3 | 75092 | 5 | 5721 | 4 | 75438 | 5 | 5977 | 3 | 10 |
| 51 | 73772 | 5 | 4796 | 3 | 74096 | 6 | 5015 | 3 | 74425 | 5 | 5243 | 3 | 74759 | 5 | 5480 | 3 | 75098 | 6 | 5725 | 3 | 75444 | 5 | 5981 | 4 | 9 |
| 52 | 73777 | 5 | 4799 | 3 | 74102 | 6 | 5019 | 3 | 74430 | 5 | 5247 | 3 | 74764 | 5 | 5484 | 4 | 75104 | 6 | 5730 | 3 | 75450 | 6 | 5986 | 3 | 8 |
| 53 | 73783 | 5 | 4803 | 3 | 74107 | 6 | 5023 | 3 | 74436 | 5 | 5251 | 3 | 74770 | 5 | 5488 | 4 | 75110 | 6 | 5734 | 4 | 75455 | 6 | 5990 | 3 | 7 |
| 54 | 73788 | 5 | 4807 | 3 | 74113 | 6 | 5026 | 3 | 74441 | 6 | 5255 | 3 | 74776 | 6 | 5492 | 3 | 75115 | 6 | 5738 | 4 | 75461 | 5 | 5994 | 4 | 6 |
| 55 | 73794 | 5 | 4810 | 3 | 74118 | 6 | 5030 | 3 | 74447 | 5 | 5258 | 3 | 74781 | 5 | 5496 | 3 | 75121 | 6 | 5742 | 3 | 75467 | 6 | 5999 | 3 | 5 |
| 56 | 73799 | 5 | 4814 | 3 | 74123 | 6 | 5034 | 3 | 74453 | 5 | 5262 | 3 | 74787 | 5 | 5500 | 3 | 75127 | 6 | 5746 | 4 | 75473 | 5 | 6003 | 4 | 4 |
| 57 | 73804 | 6 | 4817 | 3 | 74129 | 6 | 5038 | 3 | 74458 | 5 | 5266 | 3 | 74792 | 5 | 5504 | 4 | 75132 | 6 | 5751 | 4 | 75479 | 5 | 6007 | 3 | 3 |
| 58 | 73810 | 6 | 4821 | 3 | 74134 | 6 | 5041 | 3 | 74464 | 5 | 5270 | 3 | 74798 | 6 | 5508 | 4 | 75138 | 6 | 5755 | 3 | 75485 | 5 | 6012 | 4 | 2 |
| 59 | 73815 | 5</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Функции T, S

75496 – 77753

| ' | 60° | | 61° | | 62° | | 63° | | 64° | | 65° | | ' | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|----|--------------|----|-------------|----|--------------|---|-------------|---|--------------|---|-------------|---|--------------|---|-------------|---|-----------|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 75496 | | 6021 | | 75850 | | 6289 | | 76212 | | 6568 | | 76582 | | 6859 | | 76961 | | 7163 | | 77352 | | 7481 | | 60 |
| 1 | 75502 | 6 | 6025 | 4 | 75856 | 6 | 6293 | 4 | 76218 | 6 | 6573 | 5 | 76588 | 6 | 6864 | 5 | 76968 | 7 | 7168 | 5 | 77358 | 6 | 7486 | 5 | 59 |
| 2 | 75508 | 6 | 6029 | 4 | 75862 | 6 | 6298 | 5 | 76224 | 6 | 6577 | 4 | 76594 | 6 | 6869 | 5 | 76974 | 6 | 7174 | 6 | 77365 | 6 | 7492 | 5 | 58 |
| 3 | 75514 | 6 | 6034 | 5 | 75868 | 6 | 6302 | 4 | 76230 | 6 | 6582 | 5 | 76600 | 6 | 6874 | 5 | 76981 | 6 | 7179 | 5 | 77371 | 6 | 7497 | 5 | 57 |
| 4 | 75520 | 6 | 6038 | 4 | 75874 | 6 | 6307 | 5 | 76236 | 6 | 6587 | 5 | 76607 | 6 | 6879 | 5 | 76987 | 6 | 7184 | 5 | 77378 | 6 | 7503 | 6 | 56 |
| 5 | 75525 | 5 | 6043 | 5 | 75880 | 6 | 6311 | 4 | 76242 | 6 | 6592 | 5 | 76613 | 6 | 6884 | 5 | 76993 | 6 | 7189 | 5 | 77385 | 6 | 7508 | 5 | 55 |
| 6 | 75531 | 6 | 6047 | 4 | 75886 | 6 | 6316 | 5 | 76248 | 6 | 6596 | 4 | 76619 | 6 | 6889 | 5 | 77000 | 6 | 7194 | 6 | 77391 | 6 | 7514 | 5 | 54 |
| 7 | 75537 | 6 | 6051 | 4 | 75892 | 6 | 6321 | 4 | 76254 | 6 | 6601 | 5 | 76625 | 6 | 6894 | 5 | 77006 | 7 | 7200 | 6 | 77398 | 6 | 7519 | 6 | 53 |
| 8 | 75543 | 6 | 6056 | 5 | 75898 | 6 | 6325 | 4 | 76260 | 6 | 6606 | 5 | 76632 | 6 | 6899 | 5 | 77013 | 6 | 7205 | 5 | 77404 | 6 | 7525 | 5 | 52 |
| 9 | 75549 | 6 | 6060 | 4 | 75904 | 6 | 6330 | 5 | 76266 | 6 | 6611 | 5 | 76638 | 6 | 6904 | 5 | 77019 | 6 | 7210 | 5 | 77411 | 7 | 7530 | 5 | 51 |
| 10 | 75555 | | 6065 | | 75910 | | 6334 | | 76273 | | 6616 | | 76644 | | 6909 | | 77026 | | 7215 | | 77418 | | 7535 | | 50 |
| 11 | 75561 | 6 | 6069 | 4 | 75916 | 6 | 6339 | 5 | 76279 | 6 | 6620 | 4 | 76651 | 6 | 6914 | 5 | 77032 | 6 | 7220 | 5 | 77424 | 6 | 7541 | 6 | 49 |
| 12 | 75566 | 6 | 6073 | 5 | 75922 | 6 | 6343 | 4 | 76285 | 6 | 6625 | 5 | 76657 | 6 | 6919 | 5 | 77039 | 6 | 7226 | 6 | 77431 | 7 | 7546 | 5 | 48 |
| 13 | 75572 | 6 | 6078 | 4 | 75928 | 6 | 6348 | 5 | 76291 | 6 | 6630 | 5 | 76663 | 6 | 6924 | 5 | 77045 | 6 | 7231 | 5 | 77438 | 6 | 7552 | 5 | 47 |
| 14 | 75578 | 6 | 6082 | 4 | 75934 | 6 | 6353 | 5 | 76297 | 6 | 6635 | 5 | 76669 | 6 | 6929 | 5 | 77051 | 6 | 7236 | 5 | 77444 | 6 | 7557 | 6 | 46 |
| 15 | 75584 | 6 | 6087 | 5 | 75940 | 6 | 6357 | 4 | 76303 | 6 | 6639 | 4 | 76676 | 6 | 6934 | 5 | 77058 | 7 | 7241 | 5 | 77451 | 7 | 7563 | 6 | 45 |
| 16 | 75590 | 6 | 6091 | 4 | 75946 | 6 | 6362 | 5 | 76309 | 6 | 6644 | 5 | 76682 | 6 | 6939 | 5 | 77064 | 6 | 7247 | 6 | 77458 | 6 | 7568 | 5 | 44 |
| 17 | 75596 | 6 | 6095 | 4 | 75952 | 6 | 6367 | 5 | 76315 | 6 | 6649 | 4 | 76688 | 6 | 6944 | 5 | 77071 | 6 | 7252 | 5 | 77464 | 7 | 7574 | 5 | 43 |
| 18 | 75602 | 6 | 6100 | 5 | 75958 | 6 | 6371 | 4 | 76322 | 6 | 6654 | 5 | 76695 | 6 | 6949 | 5 | 77077 | 6 | 7257 | 5 | 77471 | 6 | 7579 | 5 | 42 |
| 19 | 75607 | 6 | 6104 | 4 | 75964 | 6 | 6376 | 5 | 76328 | 6 | 6659 | 5 | 76701 | 6 | 6954 | 5 | 77084 | 6 | 7262 | 5 | 77477 | 7 | 7585 | 5 | 41 |
| 20 | 75613 | | 6109 | | 75970 | | 6380 | | 76334 | | 6664 | | 76707 | | 6959 | | 77090 | | 7268 | | 77484 | | 7590 | | 40 |
| 21 | 75619 | 6 | 6113 | 4 | 75976 | 6 | 6385 | 5 | 76340 | 6 | 6668 | 4 | 76713 | 6 | 6964 | 5 | 77097 | 7 | 7273 | 5 | 77491 | 7 | 7596 | 6 | 39 |
| 22 | 75625 | 6 | 6118 | 5 | 75982 | 6 | 6390 | 5 | 76346 | 6 | 6673 | 5 | 76720 | 6 | 6969 | 5 | 77103 | 6 | 7278 | 5 | 77497 | 6 | 7601 | 5 | 38 |
| 23 | 75631 | 6 | 6122 | 4 | 75988 | 6 | 6394 | 4 | 76352 | 6 | 6678 | 5 | 76726 | 6 | 6974 | 5 | 77110 | 6 | 7283 | 6 | 77504 | 7 | 7607 | 5 | 37 |
| 24 | 75637 | 6 | 6126 | 4 | 75994 | 6 | 6399 | 5 | 76358 | 6 | 6683 | 5 | 76732 | 6 | 6979 | 5 | 77116 | 6 | 7288 | 6 | 77511 | 7 | 7612 | 5 | 36 |
| 25 | 75643 | 6 | 6131 | 5 | 76000 | 6 | 6404 | 5 | 76365 | 6 | 6688 | 5 | 76739 | 6 | 6984 | 5 | 77123 | 7 | 7294 | 5 | 77517 | 6 | 7618 | 6 | 35 |
| 26 | 75649 | 6 | 6135 | 4 | 76006 | 6 | 6408 | 4 | 76371 | 6 | 6693 | 4 | 76745 | 6 | 6989 | 5 | 77129 | 6 | 7299 | 5 | 77524 | 7 | 7623 | 5 | 34 |
| 27 | 75654 | 6 | 6140 | 5 | 76012 | 6 | 6413 | 5 | 76377 | 6 | 6697 | 4 | 76751 | 6 | 6994 | 5 | 77136 | 6 | 7304 | 6 | 77531 | 7 | 7629 | 5 | 33 |
| 28 | 75660 | 6 | 6144 | 4 | 76018 | 6 | 6417 | 4 | 76383 | 6 | 6702 | 5 | 76758 | 6 | 6999 | 5 | 77142 | 6 | 7310 | 6 | 77538 | 7 | 7634 | 5 | 32 |
| 29 | 75666 | 6 | 6149 | 5 | 76024 | 6 | 6422 | 5 | 76389 | 6 | 6707 | 5 | 76764 | 6 | 7004 | 5 | 77149 | 6 | 7315 | 5 | 77544 | 6 | 7640 | 5 | 31 |
| 30 | 75672 | | 6153 | | 76030 | | 6427 | | 76395 | | 6712 | | 76770 | | 7009 | | 77155 | | 7320 | | 77551 | | 7645 | | 30 |
| 31 | 75678 | 6 | 6158 | 5 | 76036 | 6 | 6431 | 4 | 76402 | 6 | 6717 | 5 | 76777 | 6 | 7015 | 6 | 77162 | 7 | 7326 | 6 | 77558 | 7 | 7651 | 6 | 29 |
| 32 | 75684 | 6 | 6162 | 4 | 76042 | 6 | 6436 | 5 | 76408 | 6 | 6722 | 5 | 76783 | 6 | 7020 | 5 | 77168 | 6 | 7331 | 5 | 77564 | 6 | 7657 | 5 | 28 |
| 33 | 75690 | 6 | 6167 | 5 | 76048 | 6 | 6441 | 5 | 76414 | 6 | 6726 | 4 | 76789 | 6 | 7025 | 5 | 77175 | 6 | 7336 | 6 | 77571 | 7 | 7662 | 5 | 27 |
| 34 | 75696 | 6 | 6171 | 4 | 76054 | 6 | 6445 | 4 | 76420 | 6 | 6731 | 5 | 76796 | 6 | 7030 | 5 | 77181 | 6 | 7342 | 6 | 77578 | 7 | 7668 | 6 | 26 |
| 35 | 75702 | 6 | 6176 | 5 | 76060 | 6 | 6450 | 5 | 76426 | 6 | 6736 | 5 | 76802 | 6 | 7035 | 5 | 77188 | 6 | 7347 | 5 | 77584 | 6 | 7673 | 5 | 25 |
| 36 | 75708 | 6 | 6180 | 4 | 76066 | 6 | 6455 | 5 | 76433 | 6 | 6741 | 5 | 76808 | 6 | 7040 | 5 | 77194 | 6 | 7352 | 5 | 77591 | 7 | 7679 | 5 | 24 |
| 37 | 75713 | 6 | 6185 | 5 | 76072 | 6 | 6459 | 4 | 76439 | 6 | 6746 | 5 | 76815 | 6 | 7045 | 5 | 77201 | 6 | 7357 | 6 | 77598 | 7 | 7684 | 5 | 23 |
| 38 | 75719 | 6 | 6189 | 4 | 76078 | 6 | 6464 | 5 | 76445 | 6 | 6751 | 5 | 76821 | 6 | 7050 | 5 | 77207 | 6 | 7363 | 6 | 77605 | 7 | 7690 | 5 | 22 |
| 39 | 75725 | 6 | 6194 | 5 | 76084 | 6 | 6469 | 4 | 76451 | 6 | 6756 | 5 | 76827 | 6 | 7055 | 5 | 77214 | 6 | 7368 | 5 | 77611 | 6 | 7696 | 5 | 21 |
| 40 | 75731 | | 6198 | | 76090 | | 6473 | | 76457 | | 6761 | | 76834 | | 7060 | | 77220 | | 7373 | | 77618 | | 7701 | | 20 |
| 41 | 75737 | 6 | 6203 | 4 | 76096 | 6 | 6478 | 5 | 76463 | 6 | 6765 | 4 | 76840 | 6 | 7065 | 6 | 77227 | 6 | 7379 | 6 | 77625 | 7 | 7707 | 5 | 19 |
| 42 | 75743 | 6 | 6207 | 4 | 76102 | 6 | 6483 | 5 | 76470 | 6 | 6770 | 5 | 76846 | 6 | 7071 | 5 | 77233 | 6 | 7384 | 5 | 77632 | 7 | 7712 | 5 | 18 |
| 43 | 75749 | 6 | 6212 | 4 | 76108 | 6 | 6488 | 5 | 76476 | 6 | 6775 | 5 | 76853 | 6 | 7076 | 5 | 77240 | 6 | 7390 | 6 | 77638 | 6 | 7718 | 6 | 17 |
| 44 | 75755 | 6 | 6216 | 4 | 76114 | 6 | 6492 | 4 | 76482 | 6 | 6780 | 5 | 76859 | 6 | 7081 | 5 | 77246 | 6 | 7395 | 6 | 77645 | 7 | 7724 | 5 | 16 |
| 45 | 75761 | 6 | 6221 | 5 | 76120 | 6 | 6497 | 5 | 76488 | 6 | 6785 | 5 | 76865 | 6 | 7086 | 5 | 77253 | 6 | 7400 | 5 | 77652 | 7 | 7729 | 5 | 15 |
| 46 | 75767 | 6 | 6225 | 4 | 76126 | 6 | 6502 | 4 | 76494 | 6 | 6790 | 5 | 76872 | 6 | 7091 | 5 | 77260 | 6 | 7406 | 6 | 77658 | 6 | 7735 | 5 | 14 |
| 47 | 75773 | 6 | 6230 | 5 | 76132 | 6 | 6506 | 4 | 76501 | 6 | 6795 | 5 | 76878 | 6 | 7096 | 5 | 77266 | 6 | 7411 | 5 | 77665 | 7 | 7740 | 5 | 13 |
| 48 | 75779 | 6 | 6234 | 4 | 76139 | 6 | 6511 | 4 | 76507 | 6 | 6800 | 5 | 76885 | 6 | 7101 | 5 | 77273 | 6 | 7416 | 6 | 77672 | 7 | 7746 | 5 | 12 |
| 49 | 75785 | 6 | 6239 | 5 | 76145 | 6 | 6516 | 4 | 76513 | 6 | 6805 | 5 | 76891 | 6 | 7106 | 6 | 77279 | 6 | 7422 | 5 | 77679 | 7 | 7752 | 5 | 11 |
| 50 | 75790 | | 6243 | | 76151 | | 6520 | | 76519 | | 6810 | | 76897 | | 7112 | | 77286 | | 7427 | | 77686 | | 7757 | | 10 |
| 51 | 75796</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | 66° | | 67° | | 68° | | 69° | | 70° | | 71° | | |
|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | |
| 0 | 77753 | 7814 | 78168 | 8162 | 78597 | 8528 | 79041 | 8913 | 79504 | 9319 | 79986 | 9747 | 60 |
| 1 | 77760 | 7819 | 78175 | 8168 | 78604 | 8535 | 79049 | 8920 | 79512 | 9326 | 79994 | 9755 | 59 |
| 2 | 77767 | 7825 | 78182 | 8174 | 78611 | 8541 | 79057 | 8927 | 79519 | 9333 | 80002 | 9762 | 58 |
| 3 | 77774 | 7831 | 78189 | 8180 | 78619 | 8547 | 79064 | 8933 | 79527 | 9340 | 80010 | 9769 | 57 |
| 4 | 77781 | 7836 | 78196 | 8186 | 78626 | 8554 | 79072 | 8940 | 79535 | 9347 | 80018 | 9777 | 56 |
| 5 | 77787 | 7842 | 78203 | 8192 | 78633 | 8560 | 79079 | 8946 | 79543 | 9354 | 80027 | 9784 | 55 |
| 6 | 77794 | 7848 | 78210 | 8198 | 78641 | 8566 | 79087 | 8953 | 79551 | 9361 | 80035 | 9791 | 54 |
| 7 | 77801 | 7854 | 78217 | 8204 | 78648 | 8572 | 79094 | 8960 | 79559 | 9368 | 80043 | 9799 | 53 |
| 8 | 77808 | 7859 | 78224 | 8210 | 78655 | 8579 | 79102 | 8966 | 79567 | 9375 | 80051 | 9806 | 52 |
| 9 | 77815 | 7865 | 78231 | 8216 | 78662 | 8585 | 79110 | 8973 | 79575 | 9382 | 80060 | 9813 | 51 |
| 10 | 77822 | 7871 | 78238 | 8222 | 78670 | 8591 | 79117 | 8980 | 79583 | 9389 | 80068 | 9821 | 50 |
| 11 | 77828 | 7876 | 78245 | 8228 | 78677 | 8598 | 79125 | 8986 | 79590 | 9396 | 80076 | 9828 | 49 |
| 12 | 77835 | 7882 | 78253 | 8234 | 78684 | 8604 | 79132 | 8993 | 79598 | 9403 | 80085 | 9836 | 48 |
| 13 | 77842 | 7888 | 78260 | 8240 | 78692 | 8610 | 79140 | 8999 | 79606 | 9410 | 80093 | 9843 | 47 |
| 14 | 77849 | 7894 | 78267 | 8246 | 78699 | 8617 | 79148 | 9006 | 79614 | 9417 | 80101 | 9851 | 46 |
| 15 | 77856 | 7899 | 78274 | 8252 | 78706 | 8623 | 79155 | 9013 | 79622 | 9424 | 80109 | 9858 | 45 |
| 16 | 77863 | 7905 | 78281 | 8258 | 78714 | 8629 | 79163 | 9019 | 79630 | 9431 | 80118 | 9865 | 44 |
| 17 | 77869 | 7911 | 78288 | 8264 | 78721 | 8636 | 79171 | 9026 | 79638 | 9438 | 80126 | 9873 | 43 |
| 18 | 77876 | 7917 | 78295 | 8270 | 78728 | 8642 | 79178 | 9033 | 79646 | 9445 | 80134 | 9880 | 42 |
| 19 | 77883 | 7922 | 78302 | 8276 | 78736 | 8648 | 79186 | 9040 | 79654 | 9452 | 80143 | 9888 | 41 |
| 20 | 77890 | 7928 | 78309 | 8282 | 78743 | 8655 | 79193 | 9046 | 79662 | 9459 | 80151 | 9895 | 40 |
| 21 | 77897 | 7934 | 78316 | 8289 | 78751 | 8661 | 79201 | 9053 | 79670 | 9466 | 80159 | 9903 | 39 |
| 22 | 77904 | 7940 | 78323 | 8295 | 78758 | 8667 | 79209 | 9060 | 79678 | 9473 | 80168 | 9910 | 38 |
| 23 | 77911 | 7945 | 78331 | 8301 | 78765 | 8674 | 79216 | 9066 | 79686 | 9480 | 80176 | 9918 | 37 |
| 24 | 77918 | 7951 | 78338 | 8307 | 78773 | 8680 | 79224 | 9073 | 79694 | 9487 | 80184 | 9925 | 36 |
| 25 | 77924 | 7957 | 78345 | 8313 | 78780 | 8686 | 79232 | 9080 | 79702 | 9495 | 80193 | 9933 | 35 |
| 26 | 77931 | 7963 | 78352 | 8319 | 78787 | 8693 | 79239 | 9087 | 79710 | 9502 | 80201 | 9940 | 34 |
| 27 | 77938 | 7969 | 78359 | 8325 | 78795 | 8699 | 79247 | 9093 | 79718 | 9509 | 80209 | 9948 | 33 |
| 28 | 77945 | 7974 | 78366 | 8331 | 78802 | 8706 | 79255 | 9100 | 79726 | 9516 | 80218 | 9955 | 32 |
| 29 | 77952 | 7980 | 78373 | 8337 | 78810 | 8712 | 79263 | 9107 | 79734 | 9523 | 80226 | 9963 | 31 |
| 30 | 77959 | 7986 | 78381 | 8343 | 78817 | 8718 | 79270 | 9113 | 79742 | 9530 | 80235 | 9970 | 30 |
| 31 | 77966 | 7992 | 78388 | 8349 | 78824 | 8725 | 79278 | 9120 | 79750 | 9537 | 80243 | 9978 | 29 |
| 32 | 77973 | 7998 | 78395 | 8355 | 78832 | 8731 | 79286 | 9127 | 79758 | 9544 | 80251 | 9986 | 28 |
| 33 | 77980 | 8003 | 78402 | 8362 | 78839 | 8738 | 79293 | 9134 | 79766 | 9552 | 80260 | 9993 | 27 |
| 34 | 77987 | 8009 | 78409 | 8368 | 78847 | 8744 | 79301 | 9141 | 79774 | 9559 | 80268 | 10001 | 26 |
| 35 | 77994 | 8015 | 78416 | 8374 | 78854 | 8751 | 79309 | 9147 | 79782 | 9566 | 80277 | 10008 | 25 |
| 36 | 78000 | 8021 | 78423 | 8380 | 78862 | 8757 | 79317 | 9154 | 79790 | 9573 | 80285 | 10016 | 24 |
| 37 | 78007 | 8027 | 78431 | 8386 | 78869 | 8764 | 79324 | 9161 | 79798 | 9580 | 80294 | 10024 | 23 |
| 38 | 78014 | 8033 | 78438 | 8392 | 78876 | 8770 | 79332 | 9168 | 79806 | 9587 | 80302 | 10031 | 22 |
| 39 | 78021 | 8038 | 78445 | 8398 | 78884 | 8776 | 79340 | 9175 | 79815 | 9595 | 80310 | 10039 | 21 |
| 40 | 78028 | 8044 | 78452 | 8404 | 78891 | 8783 | 79348 | 9181 | 79823 | 9602 | 80319 | 10046 | 20 |
| 41 | 78035 | 8050 | 78459 | 8411 | 78899 | 8789 | 79355 | 9188 | 79831 | 9609 | 80327 | 10054 | 19 |
| 42 | 78042 | 8056 | 78467 | 8417 | 78906 | 8796 | 79363 | 9195 | 79839 | 9616 | 80336 | 10062 | 18 |
| 43 | 78049 | 8062 | 78474 | 8423 | 78914 | 8802 | 79371 | 9202 | 79847 | 9623 | 80344 | 10069 | 17 |
| 44 | 78056 | 8068 | 78481 | 8429 | 78921 | 8809 | 79379 | 9209 | 79855 | 9631 | 80353 | 10077 | 16 |
| 45 | 78063 | 8074 | 78488 | 8435 | 78929 | 8815 | 79386 | 9216 | 79863 | 9638 | 80361 | 10085 | 15 |
| 46 | 78070 | 8080 | 78495 | 8441 | 78936 | 8822 | 79394 | 9222 | 79871 | 9645 | 80370 | 10092 | 14 |
| 47 | 78077 | 8085 | 78503 | 8448 | 78944 | 8828 | 79402 | 9229 | 79879 | 9652 | 80378 | 10100 | 13 |
| 48 | 78084 | 8091 | 78510 | 8454 | 78951 | 8835 | 79410 | 9236 | 79888 | 9660 | 80387 | 10108 | 12 |
| 49 | 78091 | 8097 | 78517 | 8460 | 78959 | 8841 | 79418 | 9243 | 79896 | 9667 | 80395 | 10115 | 11 |
| 50 | 78098 | 8103 | 78524 | 8466 | 78966 | 8848 | 79425 | 9250 | 79904 | 9674 | 80404 | 10123 | 10 |
| 51 | 78105 | 8109 | 78532 | 8472 | 78974 | 8854 | 79433 | 9257 | 79912 | 9681 | 80412 | 10131 | 9 |
| 52 | 78112 | 8115 | 78539 | 8479 | 78981 | 8861 | 79441 | 9264 | 79920 | 9689 | 80421 | 10138 | 8 |
| 53 | 78119 | 8121 | 78546 | 8485 | 78989 | 8867 | 79449 | 9271 | 79928 | 9696 | 80429 | 10146 | 7 |
| 54 | 78126 | 8127 | 78553 | 8491 | 78996 | 8874 | 79457 | 9277 | 79936 | 9703 | 80438 | 10154 | 6 |
| 55 | 78133 | 8133 | 78560 | 8497 | 79004 | 8881 | 79464 | 9284 | 79945 | 9711 | 80447 | 10162 | 5 |
| 56 | 78140 | 8139 | 78568 | 8504 | 79011 | 8887 | 79472 | 9291 | 79953 | 9718 | 80455 | 10169 | 4 |
| 57 | 78147 | 8145 | 78575 | 8510 | 79019 | 8894 | 79480 | 9298 | 79961 | 9725 | 80464 | 10177 | 3 |
| 58 | 78154 | 8151 | 78582 | 8516 | 79026 | 8900 | 79488 | 9305 | 79969 | 9732 | 80472 | 10185 | 2 |
| 59 | 78161 | 8156 | 78590 | 8522 | 79034 | 8907 | 79496 | 9312 | 79977 | 9740 | 80481 | 10193 | 1 |
| 60 | 78168 | 8162 | 78597 | 8528 | 79041 | 8913 | 79504 | 9319 | 79986 | 9747 | 80489 | 10200 | 0 |
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | |
| | 113° | | 112° | | 111° | | 110° | | 109° | | 108° | | |

Функции T, S

80489 – 84176

| 72° | | 73° | | 74° | | 75° | | 76° | | 77° | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|----|
| T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | ' | | | | | | | | | |
| 0 | 80489 | 9 | 10200 | 8 | 81018 | 9 | 10681 | 10 | 81575 | 9 | 11193 | 10 | 82164 | 10 | 11740 | 10 | 82790 | 10 | 12326 | 11 | 83458 | 11 | 12958 | 11 | 60 |
| 1 | 80498 | 9 | 10208 | 8 | 81027 | 9 | 10690 | 10 | 81585 | 9 | 11202 | 10 | 82174 | 10 | 11750 | 10 | 82800 | 10 | 12337 | 11 | 83469 | 11 | 12969 | 11 | 59 |
| 2 | 80507 | 8 | 10216 | 8 | 81036 | 9 | 10698 | 10 | 81594 | 9 | 11211 | 10 | 82184 | 10 | 11759 | 9 | 82811 | 11 | 12347 | 10 | 83481 | 12 | 12980 | 11 | 58 |
| 3 | 80515 | 9 | 10224 | 8 | 81045 | 9 | 10706 | 8 | 81604 | 9 | 11220 | 9 | 82194 | 10 | 11768 | 10 | 82822 | 11 | 12357 | 10 | 83492 | 11 | 12991 | 11 | 57 |
| 4 | 80524 | 9 | 10232 | 7 | 81054 | 10 | 10714 | 9 | 81613 | 10 | 11229 | 8 | 82204 | 11 | 11778 | 9 | 82833 | 11 | 12367 | 10 | 83504 | 12 | 13002 | 11 | 56 |
| 5 | 80533 | 8 | 10239 | 8 | 81064 | 9 | 10723 | 9 | 81623 | 9 | 11237 | 9 | 82215 | 10 | 11787 | 9 | 82844 | 10 | 12377 | 10 | 83516 | 12 | 13013 | 11 | 55 |
| 6 | 80541 | 9 | 10247 | 8 | 81073 | 9 | 10731 | 8 | 81632 | 10 | 11246 | 9 | 82225 | 10 | 11797 | 10 | 82854 | 10 | 12388 | 11 | 83527 | 11 | 13024 | 11 | 54 |
| 7 | 80550 | 9 | 10255 | 8 | 81082 | 9 | 10739 | 9 | 81642 | 10 | 11255 | 9 | 82235 | 10 | 11806 | 10 | 82865 | 11 | 12398 | 10 | 83539 | 11 | 13035 | 11 | 53 |
| 8 | 80558 | 9 | 10263 | 8 | 81091 | 9 | 10748 | 8 | 81652 | 10 | 11264 | 9 | 82245 | 10 | 11816 | 9 | 82876 | 11 | 12408 | 10 | 83550 | 11 | 13046 | 11 | 52 |
| 9 | 80567 | 9 | 10271 | 8 | 81100 | 9 | 10756 | 8 | 81661 | 10 | 11273 | 9 | 82255 | 10 | 11825 | 10 | 82887 | 11 | 12418 | 10 | 83562 | 12 | 13057 | 11 | 51 |
| 10 | 80576 | 8 | 10279 | 7 | 81109 | 9 | 10764 | 9 | 81671 | 10 | 11282 | 8 | 82266 | 10 | 11835 | 9 | 82898 | 11 | 12428 | 11 | 83574 | 11 | 13068 | 12 | 50 |
| 11 | 80584 | 9 | 10286 | 8 | 81118 | 9 | 10773 | 8 | 81681 | 10 | 11291 | 9 | 82276 | 10 | 11844 | 10 | 82909 | 11 | 12439 | 10 | 83585 | 12 | 13080 | 11 | 49 |
| 12 | 80593 | 9 | 10294 | 8 | 81127 | 9 | 10781 | 8 | 81690 | 10 | 11300 | 9 | 82286 | 10 | 11854 | 10 | 82920 | 11 | 12449 | 10 | 83597 | 12 | 13091 | 11 | 48 |
| 13 | 80602 | 9 | 10302 | 8 | 81136 | 10 | 10789 | 9 | 81700 | 10 | 11309 | 9 | 82296 | 10 | 11864 | 9 | 82931 | 10 | 12459 | 11 | 83609 | 11 | 13102 | 11 | 47 |
| 14 | 80611 | 8 | 10310 | 8 | 81146 | 9 | 10798 | 8 | 81709 | 10 | 11318 | 9 | 82306 | 11 | 11873 | 10 | 82941 | 11 | 12470 | 10 | 83620 | 12 | 13113 | 11 | 46 |
| 15 | 80619 | 9 | 10318 | 8 | 81155 | 9 | 10806 | 9 | 81719 | 10 | 11327 | 8 | 82317 | 10 | 11883 | 9 | 82952 | 11 | 12480 | 10 | 83632 | 12 | 13124 | 11 | 45 |
| 16 | 80628 | 9 | 10326 | 8 | 81164 | 9 | 10815 | 8 | 81729 | 10 | 11335 | 9 | 82327 | 10 | 11892 | 10 | 82963 | 11 | 12490 | 11 | 83644 | 12 | 13135 | 11 | 44 |
| 17 | 80637 | 9 | 10334 | 8 | 81173 | 9 | 10823 | 8 | 81738 | 9 | 11344 | 9 | 82337 | 10 | 11902 | 10 | 82974 | 11 | 12501 | 10 | 83656 | 11 | 13146 | 12 | 43 |
| 18 | 80645 | 9 | 10342 | 8 | 81182 | 9 | 10831 | 9 | 81748 | 10 | 11353 | 8 | 82348 | 10 | 11912 | 9 | 82985 | 11 | 12511 | 10 | 83667 | 12 | 13158 | 12 | 42 |
| 19 | 80654 | 9 | 10350 | 7 | 81191 | 10 | 10840 | 8 | 81758 | 10 | 11362 | 9 | 82358 | 10 | 11921 | 10 | 82996 | 11 | 12521 | 11 | 83679 | 12 | 13169 | 11 | 41 |
| 20 | 80663 | 9 | 10357 | 8 | 81201 | 9 | 10848 | 9 | 81768 | 9 | 11371 | 8 | 82368 | 10 | 11931 | 10 | 83007 | 11 | 12532 | 10 | 83691 | 12 | 13180 | 11 | 40 |
| 21 | 80672 | 9 | 10365 | 8 | 81210 | 9 | 10857 | 8 | 81777 | 10 | 11380 | 9 | 82378 | 10 | 11941 | 9 | 83018 | 11 | 12542 | 10 | 83703 | 12 | 13191 | 11 | 39 |
| 22 | 80680 | 9 | 10373 | 8 | 81219 | 9 | 10865 | 9 | 81787 | 10 | 11389 | 9 | 82389 | 10 | 11950 | 9 | 83029 | 11 | 12553 | 10 | 83715 | 12 | 13203 | 11 | 38 |
| 23 | 80689 | 9 | 10381 | 8 | 81228 | 9 | 10874 | 8 | 81797 | 10 | 11398 | 9 | 82399 | 10 | 11960 | 10 | 83040 | 11 | 12563 | 10 | 83727 | 11 | 13214 | 11 | 37 |
| 24 | 80698 | 9 | 10389 | 8 | 81237 | 10 | 10882 | 8 | 81807 | 10 | 11408 | 9 | 82409 | 11 | 11970 | 9 | 83051 | 11 | 12573 | 11 | 83738 | 12 | 13225 | 11 | 36 |
| 25 | 80707 | 9 | 10397 | 8 | 81247 | 9 | 10891 | 8 | 81816 | 10 | 11417 | 9 | 82420 | 10 | 11979 | 9 | 83062 | 11 | 12584 | 10 | 83750 | 12 | 13236 | 11 | 35 |
| 26 | 80715 | 9 | 10405 | 8 | 81256 | 9 | 10899 | 9 | 81826 | 10 | 11426 | 9 | 82430 | 10 | 11989 | 10 | 83074 | 12 | 12594 | 10 | 83762 | 12 | 13248 | 11 | 34 |
| 27 | 80724 | 9 | 10413 | 8 | 81265 | 9 | 10908 | 8 | 81836 | 10 | 11435 | 9 | 82441 | 10 | 11999 | 9 | 83085 | 11 | 12605 | 10 | 83774 | 12 | 13259 | 12 | 33 |
| 28 | 80733 | 9 | 10421 | 8 | 81274 | 10 | 10916 | 9 | 81846 | 9 | 11444 | 9 | 82451 | 10 | 12008 | 9 | 83096 | 11 | 12615 | 10 | 83786 | 12 | 13271 | 11 | 32 |
| 29 | 80742 | 9 | 10429 | 8 | 81284 | 9 | 10925 | 8 | 81855 | 10 | 11453 | 9 | 82461 | 10 | 12018 | 10 | 83107 | 11 | 12626 | 10 | 83798 | 12 | 13282 | 11 | 31 |
| 30 | 80751 | 8 | 10437 | 8 | 81293 | 9 | 10933 | 9 | 81865 | 10 | 11462 | 8 | 82472 | 10 | 12028 | 10 | 83118 | 11 | 12636 | 11 | 83810 | 12 | 13293 | 12 | 30 |
| 31 | 80759 | 9 | 10445 | 8 | 81302 | 9 | 10942 | 8 | 81875 | 10 | 11471 | 9 | 82482 | 10 | 12038 | 10 | 83129 | 11 | 12647 | 10 | 83822 | 12 | 13305 | 12 | 29 |
| 32 | 80768 | 9 | 10453 | 8 | 81311 | 10 | 10950 | 9 | 81885 | 10 | 11480 | 9 | 82493 | 10 | 12048 | 9 | 83140 | 11 | 12657 | 10 | 83834 | 12 | 13316 | 12 | 28 |
| 33 | 80777 | 9 | 10461 | 8 | 81321 | 10 | 10959 | 9 | 81895 | 10 | 11489 | 9 | 82503 | 10 | 12057 | 10 | 83151 | 12 | 12668 | 10 | 83846 | 12 | 13328 | 11 | 27 |
| 34 | 80786 | 9 | 10469 | 8 | 81330 | 9 | 10967 | 9 | 81905 | 10 | 11499 | 9 | 82514 | 10 | 12067 | 10 | 83163 | 11 | 12678 | 10 | 83858 | 12 | 13339 | 11 | 26 |
| 35 | 80795 | 9 | 10477 | 8 | 81339 | 10 | 10976 | 9 | 81914 | 10 | 11508 | 9 | 82524 | 10 | 12077 | 10 | 83174 | 11 | 12689 | 10 | 83870 | 12 | 13350 | 11 | 25 |
| 36 | 80804 | 9 | 10485 | 8 | 81349 | 10 | 10985 | 8 | 81924 | 10 | 11517 | 9 | 82535 | 10 | 12087 | 10 | 83185 | 11 | 12700 | 10 | 83882 | 12 | 13362 | 12 | 24 |
| 37 | 80812 | 9 | 10493 | 8 | 81358 | 9 | 10993 | 9 | 81934 | 10 | 11526 | 9 | 82545 | 10 | 12097 | 10 | 83196 | 11 | 12710 | 10 | 83894 | 12 | 13373 | 12 | 23 |
| 38 | 80821 | 9 | 10502 | 8 | 81367 | 10 | 11002 | 9 | 81944 | 10 | 11535 | 9 | 82556 | 10 | 12107 | 9 | 83207 | 12 | 12721 | 11 | 83906 | 12 | 13385 | 12 | 22 |
| 39 | 80830 | 9 | 10510 | 8 | 81377 | 10 | 11010 | 9 | 81954 | 10 | 11544 | 9 | 82566 | 11 | 12116 | 10 | 83219 | 11 | 12732 | 10 | 83918 | 12 | 13396 | 12 | 21 |
| 40 | 80839 | 9 | 10518 | 8 | 81386 | 9 | 11019 | 9 | 81964 | 10 | 11554 | 8 | 82577 | 10 | 12126 | 10 | 83230 | 11 | 12742 | 11 | 83930 | 12 | 13408 | 12 | 20 |
| 41 | 80848 | 9 | 10526 | 8 | 81395 | 10 | 11028 | 8 | 81974 | 10 | 11563 | 9 | 82588 | 10 | 12136 | 10 | 83241 | 11 | 12753 | 11 | 83942 | 12 | 13420 | 11 | 19 |
| 42 | 80857 | 9 | 10534 | 8 | 81405 | 10 | 11036 | 9 | 81984 | 10 | 11572 | 9 | 82598 | 10 | 12146 | 10 | 83252 | 12 | 12764 | 10 | 83954 | 12 | 13431 | 12 | 18 |
| 43 | 80866 | 9 | 10542 | 8 | 81414 | 10 | 11045 | 9 | 81994 | 10 | 11581 | 9 | 82608 | 10 | 12156 | 10 | 83264 | 11 | 12774 | 10 | 83967 | 12 | 13443 | 12 | 17 |
| 44 | 80875 | 9 | 10550 | 8 | 81424 | 9 | 11053 | 9 | 82004 | 9 | 11591 | 9 | 82619 | 10 | 12166 | 10 | 83275 | 11 | 12785 | 10 | 83979 | 12 | 13454 | 12 | 16 |
| 45 | 80884 | 9 | 10558 | 8 | 81433 | 9 | 11062 | 9 | 82013 | 10 | 11600 | 9 | 82629 | 10 | 12176 | 10 | 83286 | 12 | 12796 | 10 | 83991 | 12 | 13466 | 12 | 15 |
| 46 | 80892 | 9 | 10566 | 8 | 81442 | 10 | 11071 | 9 | 82023 | 10 | 11609 | 9 | 82640 | 10 | 12186 | 10 | 83298 | 11 | 12806 | 10 | 84003 | 12 | 13478 | 12 | 14 |
| 47 | 80901 | 9 | 10575 | 8 | 81452 | 9 | 11080 | 8 | 82033 | 10 | 11618 | 9 | 82651 | 10 | 12196 | 10 | 83309 | 11 | 12817 | 10 | 84015 | 13 | 13489 | 12 | 13 |
| 48 | 80910 | 9 | 10583 | 8 | 81461 | 10 | 11088 | 9 | 82043 | 10 | 11628 | 9 | 82661 | 10 | 12206 | 10 | 83320 | 12 | 12828 | 11 | 84028 | 12 | 13501 | 12 | 12 |

| | 78° | | 79° | | 80° | | 81° | | 82° | | 83° | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|----|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 84176 | | 13642 | | 84952 | | 14388 | | 85799 | | 15207 | | 86731 | | 16113 | | 87769 | | 17129 | | 88942 | | 18282 | | 60 |
| 1 | 84188 | 12 | 13654 | 12 | 84965 | 13 | 14401 | 13 | 85813 | 14 | 15221 | 14 | 86747 | 16 | 16129 | 16 | 87787 | 18 | 17147 | 18 | 88963 | 21 | 18303 | 21 | 59 |
| 2 | 84200 | 12 | 13666 | 12 | 84979 | 14 | 14414 | 13 | 85828 | 15 | 15235 | 14 | 86764 | 17 | 16145 | 16 | 87806 | 19 | 17165 | 18 | 88984 | 21 | 18323 | 20 | 58 |
| 3 | 84213 | 13 | 13678 | 12 | 84993 | 14 | 14427 | 13 | 85843 | 15 | 15250 | 15 | 86780 | 16 | 16161 | 16 | 87824 | 18 | 17183 | 18 | 89005 | 21 | 18344 | 21 | 57 |
| 4 | 84225 | 13 | 13690 | 12 | 85006 | 13 | 14440 | 13 | 85858 | 15 | 15264 | 14 | 86796 | 16 | 16177 | 16 | 87843 | 19 | 17201 | 18 | 89026 | 21 | 18365 | 21 | 56 |
| 5 | 84238 | 13 | 13702 | 12 | 85020 | 14 | 14453 | 13 | 85873 | 15 | 15279 | 15 | 86813 | 17 | 16193 | 16 | 87861 | 18 | 17219 | 18 | 89047 | 21 | 18386 | 21 | 55 |
| 6 | 84250 | 12 | 13714 | 12 | 85033 | 13 | 14466 | 13 | 85888 | 15 | 15293 | 14 | 86829 | 16 | 16210 | 17 | 87880 | 19 | 17237 | 18 | 89068 | 21 | 18406 | 20 | 54 |
| 7 | 84263 | 13 | 13726 | 12 | 85047 | 14 | 14480 | 14 | 85903 | 15 | 15308 | 15 | 86846 | 17 | 16226 | 16 | 87898 | 19 | 17256 | 19 | 89090 | 22 | 18427 | 21 | 53 |
| 8 | 84275 | 12 | 13738 | 12 | 85060 | 13 | 14493 | 13 | 85918 | 15 | 15322 | 14 | 86863 | 17 | 16242 | 16 | 87917 | 19 | 17274 | 18 | 89111 | 21 | 18448 | 21 | 52 |
| 9 | 84288 | 13 | 13750 | 12 | 85074 | 14 | 14506 | 13 | 85933 | 15 | 15337 | 15 | 86879 | 17 | 16258 | 16 | 87935 | 18 | 17292 | 18 | 89132 | 21 | 18469 | 21 | 51 |
| 10 | 84301 | 12 | 13762 | 12 | 85088 | 14 | 14532 | 13 | 85948 | 15 | 15351 | 15 | 86896 | 16 | 16274 | 17 | 87954 | 19 | 17311 | 18 | 89153 | 22 | 18490 | 22 | 50 |
| 11 | 84313 | 13 | 13774 | 12 | 85102 | 13 | 14532 | 13 | 85963 | 15 | 15366 | 15 | 86912 | 16 | 16291 | 17 | 87973 | 19 | 17329 | 18 | 89175 | 22 | 18512 | 22 | 49 |
| 12 | 84326 | 12 | 13786 | 12 | 85115 | 13 | 14545 | 13 | 85978 | 15 | 15380 | 14 | 86929 | 17 | 16307 | 16 | 87992 | 19 | 17347 | 18 | 89196 | 21 | 18533 | 21 | 48 |
| 13 | 84338 | 12 | 13798 | 12 | 85129 | 14 | 14559 | 14 | 85993 | 15 | 15395 | 15 | 86946 | 17 | 16323 | 16 | 88010 | 19 | 17366 | 19 | 89218 | 22 | 18554 | 21 | 47 |
| 14 | 84351 | 13 | 13811 | 13 | 85143 | 14 | 14572 | 13 | 86008 | 15 | 15410 | 15 | 86963 | 17 | 16340 | 17 | 88029 | 19 | 17384 | 18 | 89239 | 21 | 18575 | 21 | 46 |
| 15 | 84364 | 13 | 13823 | 12 | 85157 | 14 | 14585 | 13 | 86023 | 15 | 15424 | 14 | 86979 | 16 | 16356 | 16 | 88048 | 19 | 17403 | 19 | 89261 | 22 | 18596 | 21 | 45 |
| 16 | 84376 | 12 | 13835 | 12 | 85170 | 13 | 14599 | 14 | 86038 | 15 | 15439 | 15 | 86996 | 17 | 16373 | 17 | 88067 | 19 | 17422 | 19 | 89283 | 22 | 18618 | 22 | 44 |
| 17 | 84389 | 13 | 13847 | 12 | 85184 | 14 | 14612 | 13 | 86053 | 15 | 15454 | 15 | 87013 | 16 | 16389 | 16 | 88086 | 19 | 17440 | 19 | 89304 | 21 | 18639 | 21 | 43 |
| 18 | 84402 | 13 | 13859 | 12 | 85198 | 14 | 14625 | 13 | 86068 | 15 | 15469 | 15 | 87030 | 17 | 16405 | 16 | 88105 | 19 | 17459 | 19 | 89326 | 22 | 18661 | 22 | 42 |
| 19 | 84415 | 12 | 13871 | 13 | 85212 | 14 | 14639 | 13 | 86084 | 15 | 15483 | 15 | 87047 | 17 | 16422 | 17 | 88124 | 19 | 17478 | 19 | 89348 | 22 | 18682 | 21 | 41 |
| 20 | 84427 | 13 | 13884 | 12 | 85226 | 14 | 14652 | 13 | 86099 | 15 | 15498 | 15 | 87064 | 16 | 16439 | 16 | 88143 | 19 | 17496 | 19 | 89370 | 22 | 18704 | 22 | 40 |
| 21 | 84440 | 13 | 13896 | 12 | 85240 | 14 | 14666 | 14 | 86114 | 15 | 15513 | 15 | 87081 | 17 | 16455 | 16 | 88162 | 19 | 17515 | 19 | 89392 | 22 | 18726 | 22 | 39 |
| 22 | 84453 | 13 | 13908 | 12 | 85254 | 14 | 14679 | 13 | 86130 | 15 | 15528 | 15 | 87098 | 17 | 16472 | 17 | 88182 | 20 | 17534 | 19 | 89414 | 22 | 18747 | 22 | 38 |
| 23 | 84466 | 12 | 13920 | 12 | 85267 | 13 | 14692 | 13 | 86145 | 15 | 15543 | 15 | 87115 | 17 | 16488 | 16 | 88201 | 19 | 17553 | 19 | 89436 | 22 | 18769 | 22 | 37 |
| 24 | 84478 | 12 | 13933 | 13 | 85281 | 14 | 14706 | 14 | 86160 | 15 | 15558 | 15 | 87132 | 17 | 16505 | 17 | 88220 | 19 | 17572 | 19 | 89458 | 22 | 18791 | 22 | 36 |
| 25 | 84491 | 13 | 13945 | 12 | 85295 | 14 | 14719 | 13 | 86176 | 15 | 15573 | 15 | 87149 | 17 | 16522 | 17 | 88239 | 19 | 17591 | 19 | 89480 | 22 | 18813 | 22 | 35 |
| 26 | 84504 | 13 | 13957 | 12 | 85309 | 14 | 14733 | 14 | 86191 | 15 | 15588 | 15 | 87166 | 17 | 16539 | 17 | 88259 | 20 | 17610 | 19 | 89502 | 22 | 18835 | 22 | 34 |
| 27 | 84517 | 13 | 13970 | 12 | 85323 | 14 | 14747 | 14 | 86206 | 15 | 15603 | 15 | 87183 | 17 | 16555 | 16 | 88278 | 19 | 17629 | 19 | 89525 | 22 | 18857 | 22 | 33 |
| 28 | 84530 | 13 | 13982 | 12 | 85338 | 15 | 14760 | 13 | 86222 | 16 | 15618 | 15 | 87201 | 18 | 16572 | 17 | 88297 | 19 | 17648 | 19 | 89547 | 22 | 18879 | 22 | 32 |
| 29 | 84543 | 13 | 13994 | 13 | 85352 | 14 | 14774 | 13 | 86237 | 16 | 15633 | 15 | 87218 | 17 | 16589 | 17 | 88317 | 20 | 17667 | 19 | 89569 | 22 | 18901 | 22 | 31 |
| 30 | 84556 | 13 | 14007 | 12 | 85366 | 14 | 14787 | 13 | 86253 | 15 | 15648 | 15 | 87235 | 17 | 16606 | 17 | 88336 | 20 | 17686 | 19 | 89592 | 22 | 18923 | 22 | 30 |
| 31 | 84569 | 13 | 14019 | 12 | 85380 | 14 | 14801 | 14 | 86268 | 15 | 15663 | 15 | 87252 | 17 | 16623 | 17 | 88356 | 20 | 17705 | 19 | 89614 | 22 | 18945 | 22 | 29 |
| 32 | 84582 | 13 | 14032 | 13 | 85394 | 14 | 14815 | 14 | 86284 | 16 | 15678 | 15 | 87270 | 18 | 16640 | 17 | 88376 | 20 | 17725 | 20 | 89637 | 23 | 18967 | 22 | 28 |
| 33 | 84595 | 13 | 14044 | 12 | 85408 | 14 | 14828 | 13 | 86300 | 16 | 15693 | 15 | 87287 | 17 | 16657 | 17 | 88395 | 20 | 17744 | 19 | 89659 | 22 | 18990 | 22 | 27 |
| 34 | 84608 | 13 | 14057 | 13 | 85422 | 14 | 14842 | 14 | 86315 | 15 | 15708 | 15 | 87304 | 17 | 16674 | 17 | 88415 | 20 | 17763 | 19 | 89682 | 23 | 19012 | 22 | 26 |
| 35 | 84621 | 13 | 14069 | 12 | 85436 | 14 | 14856 | 14 | 86331 | 16 | 15724 | 16 | 87322 | 18 | 16691 | 17 | 88435 | 20 | 17783 | 20 | 89705 | 23 | 19034 | 22 | 25 |
| 36 | 84634 | 13 | 14082 | 12 | 85451 | 15 | 14870 | 14 | 86346 | 15 | 15739 | 15 | 87339 | 17 | 16708 | 17 | 88454 | 19 | 17802 | 19 | 89728 | 23 | 19057 | 22 | 24 |
| 37 | 84647 | 13 | 14094 | 13 | 85465 | 14 | 14883 | 13 | 86362 | 16 | 15754 | 15 | 87357 | 18 | 16725 | 17 | 88474 | 20 | 17821 | 19 | 89750 | 23 | 19079 | 22 | 23 |
| 38 | 84660 | 13 | 14107 | 12 | 85479 | 14 | 14897 | 14 | 86378 | 16 | 15769 | 15 | 87374 | 17 | 16742 | 17 | 88494 | 20 | 17841 | 20 | 89773 | 23 | 19102 | 22 | 22 |
| 39 | 84673 | 13 | 14119 | 13 | 85493 | 14 | 14911 | 14 | 86394 | 16 | 15785 | 16 | 87392 | 18 | 16759 | 17 | 88514 | 20 | 17861 | 20 | 89796 | 23 | 19125 | 23 | 21 |
| 40 | 84686 | 13 | 14132 | 13 | 85508 | 14 | 14925 | 14 | 86409 | 15 | 15800 | 15 | 87410 | 17 | 16777 | 17 | 88534 | 20 | 17880 | 20 | 89819 | 23 | 19148 | 22 | 20 |
| 41 | 84699 | 13 | 14145 | 12 | 85522 | 14 | 14939 | 14 | 86425 | 16 | 15816 | 16 | 87427 | 17 | 16794 | 17 | 88554 | 20 | 17900 | 20 | 89842 | 23 | 19170 | 22 | 19 |
| 42 | 84712 | 13 | 14157 | 12 | 85536 | 14 | 14953 | 14 | 86441 | 16 | 15831 | 15 | 87445 | 18 | 16811 | 17 | 88574 | 20 | 17920 | 20 | 89866 | 24 | 19193 | 23 | 18 |
| 43 | 84725 | 13 | 14170 | 13 | 85551 | 15 | 14966 | 13 | 86457 | 16 | 15846 | 15 | 87463 | 18 | 16829 | 18 | 88594 | 20 | 17939 | 19 | 89889 | 23 | 19216 | 23 | 17 |
| 44 | 84739 | 14 | 14183 | 13 | 85565 | 14 | 14980 | 14 | 86473 | 16 | 15862 | 16 | 87480 | 17 | 16846 | 17 | 88614 | 20 | 17959 | 20 | 89912 | 23 | 19239 | 23 | 16 |
| 45 | 84752 | 13 | 14195 | 12 | 85580 | 15 | 14994 | 14 | 86489 | 16 | 15877 | 15 | 87498 | 18 | 16863 | 17 | 88634 | 20 | 17979 | 20 | 89935 | 23 | 19262 | 23 | 15 |
| 46 | 84765 | 13 | 14208 | 13 | 85594 | 14 | 15008 | 14 | 86505 | 16 | 15893 | 16 | 87516 | 18 | 16881 | 18 | 88654 | 21 | 17999 | 20 | 89959 | 24 | 19285 | 23 | 14 |
| 47 | 84778 | 13 | 14221 | 12 | 85609 | 15 | 15022 | 14 | 86521 | 16 | 15908 | 16 | 87534 | 18 | 16898 | 18 | 88675 | 21 | 18019 | 20 | 89982 | 23 | 19308 | 23 | 13 |
| 48 | 84791 | 13 | 14233 | 12 | 85623 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Функции T, S

90293 – 141150

| ' | 84° | | 85° | | 86° | | 87° | | 88° | | 89° | | ' | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------|----|-------|----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|-------|-----|----|
| | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | T | ΔT | S | ΔS | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 90293 | 19615 | 91886 | 21194 | 93832 | 23128 | 96337 | 25624 | 99863 | 29144 | 105887 | 35163 | 60 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 90317 | 24 | 19639 | 24 | 91915 | 29 | 21223 | 29 | 93869 | 37 | 23165 | 37 | 96386 | 49 | 25672 | 48 | 99936 | 73 | 29216 | 72 | 106033 | 146 | 35309 | 146 | 59 |
| 2 | 90341 | 24 | 19664 | 25 | 91944 | 29 | 21252 | 29 | 93905 | 36 | 23201 | 36 | 96434 | 49 | 25721 | 49 | 100009 | 73 | 29290 | 74 | 106181 | 148 | 35457 | 148 | 58 |
| 3 | 90366 | 24 | 19688 | 24 | 91974 | 30 | 21281 | 29 | 93942 | 37 | 23237 | 37 | 96483 | 50 | 25770 | 49 | 100083 | 74 | 29363 | 73 | 106332 | 151 | 35608 | 151 | 57 |
| 4 | 90390 | 24 | 19712 | 24 | 92003 | 29 | 21310 | 29 | 93979 | 37 | 23274 | 37 | 96533 | 50 | 25819 | 49 | 100158 | 75 | 29438 | 75 | 106486 | 154 | 35762 | 154 | 56 |
| 5 | 90415 | 25 | 19736 | 24 | 92033 | 30 | 21340 | 30 | 94016 | 37 | 23311 | 37 | 96582 | 49 | 25868 | 49 | 100233 | 75 | 29513 | 75 | 106642 | 156 | 35919 | 157 | 55 |
| 6 | 90440 | 24 | 19761 | 25 | 92062 | 29 | 21369 | 29 | 94053 | 37 | 23348 | 37 | 96632 | 50 | 25918 | 50 | 100309 | 76 | 29589 | 76 | 106802 | 160 | 36078 | 159 | 54 |
| 7 | 90464 | 25 | 19785 | 24 | 92092 | 30 | 21399 | 30 | 94090 | 37 | 23385 | 37 | 96682 | 50 | 25968 | 50 | 100386 | 77 | 29665 | 77 | 106964 | 162 | 36240 | 162 | 53 |
| 8 | 90489 | 25 | 19810 | 25 | 92122 | 30 | 21428 | 29 | 94128 | 38 | 23422 | 37 | 96733 | 51 | 26019 | 51 | 100463 | 77 | 29743 | 78 | 107130 | 166 | 36406 | 166 | 52 |
| 9 | 90514 | 25 | 19834 | 24 | 92152 | 30 | 21458 | 30 | 94165 | 38 | 23460 | 38 | 96783 | 50 | 26069 | 50 | 100541 | 78 | 29821 | 78 | 107298 | 168 | 36574 | 168 | 51 |
| | | 25 | | 25 | | 30 | | 30 | | 38 | | 38 | | 51 | | 51 | | 79 | | 79 | | 172 | | 172 | |
| 10 | 90539 | 19859 | 92182 | 21488 | 94203 | 23497 | 96834 | 26120 | 100620 | 29899 | 107470 | 36746 | 50 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 90564 | 25 | 19884 | 25 | 92212 | 30 | 21518 | 30 | 94241 | 38 | 23535 | 38 | 96886 | 52 | 26171 | 51 | 100699 | 79 | 29978 | 79 | 107646 | 176 | 36922 | 176 | 49 |
| 12 | 90589 | 25 | 19909 | 25 | 92242 | 31 | 21548 | 30 | 94279 | 38 | 23573 | 38 | 96937 | 51 | 26223 | 52 | 100779 | 80 | 30058 | 80 | 107825 | 179 | 37101 | 179 | 48 |
| 13 | 90614 | 25 | 19934 | 25 | 92273 | 31 | 21578 | 30 | 94317 | 39 | 23611 | 38 | 96989 | 52 | 26275 | 52 | 100860 | 81 | 30139 | 81 | 108008 | 183 | 37284 | 183 | 47 |
| 14 | 90640 | 26 | 19959 | 25 | 92303 | 31 | 21608 | 30 | 94356 | 39 | 23650 | 39 | 97042 | 52 | 26327 | 52 | 100942 | 82 | 30221 | 82 | 108195 | 187 | 37471 | 187 | 46 |
| 15 | 90665 | 25 | 19984 | 25 | 92334 | 31 | 21639 | 31 | 94394 | 39 | 23688 | 38 | 97094 | 52 | 26379 | 52 | 101024 | 82 | 30303 | 82 | 108386 | 191 | 37661 | 190 | 45 |
| 16 | 90690 | 26 | 20009 | 25 | 92364 | 31 | 21669 | 30 | 94433 | 39 | 23727 | 39 | 97147 | 53 | 26432 | 53 | 101107 | 83 | 30386 | 83 | 108581 | 195 | 37857 | 196 | 44 |
| 17 | 90716 | 25 | 20034 | 25 | 92395 | 31 | 21700 | 31 | 94472 | 39 | 23765 | 38 | 97200 | 53 | 26485 | 53 | 101191 | 84 | 30470 | 84 | 108781 | 200 | 38056 | 199 | 43 |
| 18 | 90741 | 25 | 20059 | 25 | 92426 | 31 | 21730 | 30 | 94511 | 39 | 23804 | 39 | 97254 | 54 | 26538 | 53 | 101276 | 85 | 30555 | 85 | 108985 | 204 | 38261 | 205 | 42 |
| 19 | 90767 | 26 | 20085 | 25 | 92457 | 31 | 21761 | 31 | 94551 | 40 | 23844 | 40 | 97308 | 54 | 26592 | 54 | 101362 | 86 | 30640 | 85 | 109194 | 209 | 38470 | 209 | 41 |
| | | 26 | | 25 | | 31 | | 31 | | 39 | | 39 | | 54 | | 54 | | 86 | | 87 | | 215 | | 214 | |
| 20 | 90793 | 20110 | 92488 | 21792 | 94590 | 23883 | 97362 | 26646 | 101448 | 30727 | 109409 | 38684 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 90818 | 25 | 20136 | 26 | 92519 | 31 | 21823 | 31 | 94630 | 40 | 23922 | 39 | 97416 | 54 | 26701 | 55 | 101535 | 87 | 30814 | 87 | 109629 | 220 | 38904 | 220 | 39 |
| 22 | 90844 | 26 | 20161 | 25 | 92551 | 32 | 21854 | 31 | 94670 | 40 | 23962 | 40 | 97471 | 55 | 26755 | 54 | 101624 | 89 | 30902 | 88 | 109854 | 225 | 39130 | 226 | 38 |
| 23 | 90870 | 26 | 20187 | 26 | 92582 | 32 | 21885 | 31 | 94710 | 40 | 24002 | 40 | 97526 | 55 | 26811 | 55 | 101713 | 89 | 30991 | 89 | 110086 | 232 | 39362 | 232 | 37 |
| 24 | 90896 | 26 | 20213 | 26 | 92614 | 32 | 21917 | 32 | 94750 | 40 | 24042 | 40 | 97582 | 56 | 26866 | 55 | 101803 | 90 | 31081 | 90 | 110324 | 238 | 39600 | 238 | 36 |
| 25 | 90922 | 26 | 20238 | 25 | 92645 | 32 | 21948 | 31 | 94790 | 40 | 24082 | 40 | 97638 | 56 | 26922 | 56 | 101894 | 91 | 31172 | 91 | 110569 | 245 | 39844 | 244 | 35 |
| 26 | 90948 | 26 | 20264 | 26 | 92677 | 32 | 21980 | 32 | 94831 | 41 | 24123 | 41 | 97694 | 56 | 26978 | 56 | 101986 | 92 | 31264 | 92 | 110821 | 252 | 40096 | 252 | 34 |
| 27 | 90974 | 26 | 20290 | 26 | 92709 | 32 | 22011 | 32 | 94872 | 41 | 24163 | 41 | 97751 | 57 | 27035 | 57 | 102079 | 93 | 31357 | 93 | 111080 | 259 | 40355 | 259 | 33 |
| 28 | 91001 | 27 | 20316 | 26 | 92741 | 32 | 22043 | 32 | 94913 | 41 | 24204 | 41 | 97808 | 57 | 27091 | 56 | 102173 | 94 | 31451 | 94 | 111347 | 267 | 40623 | 268 | 32 |
| 29 | 91027 | 26 | 20342 | 26 | 92773 | 32 | 22075 | 32 | 94954 | 41 | 24245 | 41 | 97865 | 58 | 27149 | 58 | 102268 | 95 | 31546 | 95 | 111623 | 276 | 40898 | 275 | 31 |
| | | 26 | | 27 | | 32 | | 32 | | 41 | | 41 | | 58 | | 57 | | 96 | | 96 | | 285 | | 285 | |
| 30 | 91053 | 20369 | 92805 | 22107 | 94995 | 24286 | 97923 | 27206 | 102364 | 31642 | 111908 | 41183 | 30 | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 91080 | 27 | 20395 | 26 | 92838 | 33 | 22139 | 32 | 95037 | 42 | 24328 | 42 | 97981 | 58 | 27264 | 58 | 102461 | 97 | 31739 | 97 | 112202 | 294 | 41478 | 295 | 29 |
| 32 | 91107 | 27 | 20421 | 26 | 92870 | 33 | 22172 | 33 | 95079 | 42 | 24370 | 42 | 98040 | 59 | 27323 | 59 | 102559 | 98 | 31837 | 98 | 112507 | 305 | 41782 | 304 | 28 |
| 33 | 91133 | 26 | 20448 | 27 | 92903 | 33 | 22204 | 32 | 95121 | 42 | 24411 | 41 | 98099 | 59 | 27382 | 59 | 102658 | 99 | 31936 | 99 | 112823 | 318 | 42098 | 318 | 27 |
| 34 | 91160 | 27 | 20474 | 27 | 92935 | 33 | 22237 | 33 | 95163 | 42 | 24453 | 42 | 98158 | 60 | 27441 | 60 | 102759 | 101 | 32036 | 101 | 113151 | 328 | 42426 | 328 | 26 |
| 35 | 91187 | 27 | 20501 | 27 | 92968 | 33 | 22269 | 32 | 95205 | 42 | 24496 | 43 | 98218 | 60 | 27501 | 60 | 102860 | 102 | 32138 | 102 | 113492 | 341 | 42767 | 341 | 25 |
| 36 | 91214 | 27 | 20527 | 26 | 93001 | 33 | 22302 | 33 | 95248 | 43 | 24538 | 42 | 98278 | 60 | 27561 | 60 | 102963 | 103 | 32241 | 103 | 113846 | 354 | 43121 | 354 | 24 |
| 37 | 91241 | 27 | 20554 | 27 | 93034 | 33 | 22335 | 33 | 95290 | 43 | 24581 | 42 | 98339 | 61 | 27621 | 60 | 103067 | 104 | 32345 | 104 | 114216 | 370 | 43491 | 370 | 23 |
| 38 | 91268 | 27 | 20581 | 27 | 93068 | 33 | 22368 | 33 | 95333 | 43 | 24623 | 43 | 98400 | 61 | 27682 | 61 | 103173 | 106 | 32450 | 105 | 114602 | 386 | 43877 | 386 | 22 |
| 39 | 91295 | 27 | 20608 | 27 | 93101 | 33 | 22401 | 33 | 95377 | 43 | 24667 | 43 | 98461 | 61 | 27744 | 61 | 103279 | 108 | 32557 | 107 | 115006 | 404 | 44281 | 404 | 21 |
| | | 27 | | 27 | | 33 | | 33 | | 43 | | 43 | | 62 | | 61 | | 108 | | 107 | | 424 | | 424 | |
| 40 | 91322 | 20635 | 93134 | 22434 | 95420 | 24710 | 98523 | 27805 | 103387 | 32664 | 115430 | 44705 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| 41 | 91350 | 28 | 20662 | 27 | 93168 | 34 | 22468 | 34 | 95464 | 44 | 24753 | 43 | 98585 | 62 | 27868 | 63 | 103496 | 109 | 32774 | 110 | 115875 | 445 | 45150 | 445 | 19 |
| 42 | 91377 | 27 | 20689 | 27 | 93202 | 34 | 22502 | 33 | 95508 | 44 | 24797 | 44 | 98648 | 63 | 27930 | 62 | 103607 | 111 | 32884 | 110 | 116345 | 470 | 45620 | 470 | 18 |
| 43 | 91405 | 28 | 20717 | 28 | 93236 | 34 | 22535 | 34 | 95552 | 44 | 24841 | 44 | 98711 | 64 | 27993 | 63 | 103719 | 112 | 32996 | 112 | 116841 | 496 | 46117 | 497 | 17 |
| 44 | 91432 | 27 | 20744 | 27 | 93270 | 34 | 22569 | 34 | 95596 | 44 | 24885 | 44 | 98775 | 64 | 28057 | 64 | 103833 | 114 | 33110 | 114 | 117368 | 527 | 46643 | 527 | 16 |
| 45 | 91460 | 28 | 20771 | 27 | 93304 | 34 | 22603 | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Астрономический календарь. Постоянная часть. Изд. 7-е. М.: Наука, 1981, 704 с.
2. Бакулин П.И. и др. Курс общей астрономии. – М., Госфизматиздат, 1983 г., 558 с.
3. Белобров А.П. Мореходная астрономия. – Л., Гидрометиздат, 1954 г., 320 с.
4. Бобоков В.Ф., Крачкевич Л.Н. Мореходная астрономия. – М., Воениздат, 1975 г.
5. Вентцель М.К. Сферическая тригонометрия. Изд. 2-е. М.: Геодезиздат, 1948, 154 с.
6. Григорьев В.В. и др. Мореходные приборы и инструменты. – М., Транспорт, 1960 г.
7. Дьяконов В.Ф. Мореходная астрономия. – Л., Транспорт, 1968 г.
8. Каврайский В.В. Избранные труды. Том I. Астрономия и геодезия. – Л., УНГС ВМФ, 1956 г., 358 с.
9. Катанин В.И., Емец К.А. и др. Справочник штурмана – М.: Воениздат, 1966, 504 с.
10. Кашанин В.И., Лаврентьев А.В., Скубко Р.А. Штурман флота. – М.: Воениздат, 1986, 540 с.
11. Климашин И.А. Календарь и хронология. Изд. 2-е. – М.; Наука, 1985 г., с. 320.
12. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия. – М., Транспорт, 1968 г.
13. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия. – М., Транспорт, 1978 г., 304 с.
14. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия. – М., Транспорт, 1986 г., 256 с.
15. Красавцев Б.И. Инструменты и методы мореходной астрономии. – М., Транспорт, 1972 г.
16. Красавцев Б.И., Хлюстин Б.П. Мореходная астрономия. – М., Транспорт, 1960 г.
17. Кудрявцев В.Г. Сборник заданий и методические указания на лабораторные работы по дисциплине «Мореходная астрономия». – Киев, КГАВТ, 2002 г., 123 с.
18. Матусевич Н.Н. Основы мореходной астрономии. – Л., УНГС ВМФ, 1956 г., 548 с.
19. Рыбалтовский Н.Ю. Практическая мореходная астрономия. – М., Транспорт, 1964 г.
20. Самохвалов Д.А., Николаев Б.В. Курс кораблевождения. Том V, кн. 6. Секстаны. Измерители времени. – Л., УНГС ВМФ, 1960 г., 256 с.
21. Сакеллари Н.А. Мореходные инструменты. Описательный курс. – М., Воениздат, 1943 г., 380 с.
22. Селешников С.И. История календаря и хронология. Изд. 3-е. – М.: Наука, 1977, 224 с.
23. Синяев В.А. Мореходная астрономия. – Одесса, УМД ОГМА, 1999 г., 147 с.
24. Синяев В.А. Лукин М.Г., Кулик В.К. Задачник по мореходной астрономии. – Одесса, УМА ОГМА, 1998 г., 220 с.
25. Скородумов П.П. Курс кораблевождения. Т 2. Мореходная астрономия. – Л., УНГС ВМФ, 1963 г., 528с.
26. Скубко Р.А. Морская астронавигация. Основы астрономического ориентирования на море. Учебник. – М., Воениздат, 1979 г., 478 с.
27. Скубко Р.А., Филатов Н.В. Мореходная астрономия. – М., Воениздат, 1966 г.
28. Титов Г.Ю., Фаин Г.И. Мореходная астрономия. – Т., Транспорт, 1974 г., 328 с.
29. Титов Г.Ю., Фаин Г.И. Мореходная астрономия. – Т., Транспорт, 1979 г., 312 с.
30. Хлюстин Б.П. Мореходная астрономия. М.,– Л., Морской транспорт, 1948 г., 508 с.
31. Черняев Л.Ф., Лукин М.Г. и др. Задачник по мореходной астрономии. – М., Транспорт, 1984г., 256с.
32. Черняев Л.Ф., Лукин М.Г. и др. Мореходная астрономия. Обзорные лекции по курсу мореходной астрономии для заочных факультетов судоводительской специальности. ВИИМУ ММФ. – Одесса: ОВИМУ, 1971 г., 75 с.
33. Черняев Л.Ф., Данилов В.И. Мореходная астрономия. Обзорные лекции по курсу мореходной астрономии для заочных факультетов судоводительской специальности ВИУМ ММФ, 1974г., 92с.
34. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь, Разум. – М., «Наука», 1965 г.
35. Рекомендации по астронавигационному ориентированию при плавании с поврежденными техническими средствами навигации и на спасательных средствах (№ 9049). – ГУНиО МО, 1983 г., 54 с.
36. Морской астрономический ежегодник («МАЕ») текущего года. – ГУНиО МО (№ 9002), 320 с.
37. Морской астрономический ежегодник («МАЕ-2000 г.»), – ГУНиО МО, С.-П., 1999 г., 142 с.
38. Мореходные таблицы («МТ-75»). – ГУНи МО, 1975 г., 322 с. (№ 9011).
39. Мореходные таблицы («МТ-2000»). – ГУН и МО. РФ, 2002 г., 575 с. (№ 9011).
40. Таблицы для вычисления высоты и азимута («ТВА-57»). – УНГС ВМФ, 1957 г., 138с.
41. Таблицы «Высоты и азимуты светил» («ВАС-58»). – УНГС ВМФ, 1958 г., т.т. 1÷4.
42. Морской энциклопедический словарь т. 1 А-И.: Л.: Судостроение, 1991, 504 с.
43. Морской энциклопедический словарь т.2 К-П. СПб.: Судостроение, 1993, 584 с
44. Морской энциклопедический словарь т.3 Р-Я. СПб.: Судостроение, 1994, 488 с.



Михайлов Василий Сергеевич (1960 г.р.), профессор (2003 г.), доктор технических наук (2005 г.), капитан дальнего плавания.

Заведующий кафедрой «Судовождение» Киевской государственной академии водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (1996 г.).

Почетный работник морского и речного транспорта Украины. Президент Всеукраинской общественной организации «Морська освіта», президент Всеукраинской общественной организации «Українська асоціація приватних судновласників».

Автор более 65 научных, учебных и методических работ, соавтор трех учебных пособий и двух электронных учебников с грифом МОН Украины, монографии по радио-навигационному обеспечению безопасности судоходства на внутренних водных путях Украины.

Ректор Киевской государственной академии водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (1999 г.)



Кудрявцев Виктор Георгиевич (1946 г.р.) доцент по кафедре «Кораблевождение» (1991), капитан 1 ранга в отставке (1994 г.), помощник флагманского штурмана объединения атомных подводных лодок Северного флота (1976 г.), капитан малого плавания. Начальник кафедры «Кораблевождение» Киевского высшего военно-морского училища (1988 г.).

Автор более 30 учебных и методических работ в области кораблевождения и судовождения, соавтор трех учебных пособий и двух электронных учебников с грифом МОН Украины.

Доцент кафедры «Судовождение» Киевской государственной академии водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (1996 г.)



Давыдов Владимир Семенович (1951 г.р.) доцент по кафедре «Кораблевождение», капитан 2 ранга в отставке (1994 г.), флагманский штурман соединения атомных подводных крейсеров (1983), капитан малого плавания.

Почетный работник морского и речного транспорта Украины.

Автор более 35 научных, учебных и методических работ в области кораблевождения и судовождения, соавтор учебного пособия и двух электронных учебников с грифом МОН Украины.

Проректор по учебной работе и практике Киевской государственной академии водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного (2000 г.)