

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФРАСТРУКТУРЫ И
ТЕНОЛОГИЙ
Киевский институт водного транспорта
имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного

Кудрявцев В.Г., Давыдов В.С.

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ



3-е издание, переработанное, дополненное

Рекомендовано
Министерством образования и науки Украины
как учебное пособие для студентов высших учебных заведений

Киев
Издательство Лира-К
2019

УДК 629.5:52](075.8)
К88

*Рекомендовано Министерством образования и науки Украины
как учебное пособие для студентов высших учебных заведений*

*Рекомендовано к печати Ученым советом
Государственным университетом инфраструктуры и технологий*

Рецензенты:

В.Г. Алексишин, кандидат технических наук, профессор
Л.Л. Вагущенко, доктор технических наук, профессор
Л.А. Козыр, кандидат технических наук, профессор
(Одесская национальная морская академия)

Кудрявцев В.Г., Давыдов В.С.

К88 Мореходная астрономия: Учеб. пособ. — Изд. 3, перероб. и доп.—
Киев : Издательство Лира-К, 2019. — 380 с.

ISBN 978-617-7748-41-9

В учебном пособии кратко и доступно изложены основные теоретические сведения из сферической геометрии, основ измерения времени, определение поправки компаса и места судна астрономическими средствами. Также приведены состав и правила использования основных астрономических таблиц и инструментов.

С целью более полного усвоения методов решения задач мореходной астрономии в учебном пособии приведены примеры решения основных астрономических задач. В конце каждого раздела приведены задачи и контрольные вопросы, позволяет эффективно использовать пособие для самостоятельного изучения студентами отдельных разделов.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности «Судовождение», изучающих курс мореходной астрономии, слушателей курсов переподготовки и повышения квалификации, специалистов морского и речного транспорта. Он также позволяет при минимальном дополнительном использовании морских астрономических таблиц и справочных материалов самостоятельно освоить курс дисциплины «Мореходная астрономия».

УДК 629.5:52](075.8)

ISBN 978-617-7748-41-9

© Кудрявцев В.Г., Давыдов В.С., 2019
© Издательство Лира-К, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Глава 1. Вспомогательная небесная сфера	9
1.1. Определение, основные задачи и краткая история мореходной астрономии.....	9
1.2. Общая характеристика Вселенной.....	14
1.3. Общая характеристика планеты Земля.....	15
1.4. Вспомогательная небесная сфера: основные точки, линии и плоскости.....	18
Контрольные вопросы.....	23
Глава 2. Сферические координаты светил	26
2.1. Общие положения.....	26
2.2. Горизонтная система сферических координат светил.....	26
2.3. Первая экваториальная система сферических координат светил.....	29
2.4. Вторая экваториальная система сферических координат светил.....	32
2.5. Эклиптическая система сферических координат светил.....	36
2.6. Изменение сферических координат светил.....	37
2.6.1. Вследствии суточного вращения Земли.....	37
2.6.2. Вследствии собственного движения светил по своим орбитам.....	38
2.6.3. Вследствии перемещения наблюдателя (судна) по поверхности Земли.....	39
2.6.4. Методика построения вспомогательной небесной сферы для широты конкретного наблюдателя и нанесения на нее светил по их координатам.....	41
2.6.5. Условия задач для нанесения светил на ВНС и расчета их сферических координат..	44
Контрольные вопросы.....	45
Глава 3. Видимое движение небесных светил	48
3.1. Видимое суточное движение небесных светил.....	48
3.1.1. Общая характеристика суточного движения звезд.....	48
3.1.2. Условия восхода и захода небесных светил.....	50
3.1.3. Условие прохождения небесного светила через зенит наблюдателя.....	51
3.2. Особенности видимого суточного движения небесных светил.....	51
3.2.1. Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$).....	51
3.2.2. Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ$).....	52
3.3. Видимое годовое движение Солнца.....	53
3.3.1. Общая характеристика Солнца.....	53
3.3.2. Внешние проявления и причины годового движения Солнца.....	54
3.3.3. Общие явления, обусловленные годовым движением Солнца.....	56
3.3.4. Явления, связанные с движением Солнца для наблюдателей в различных широтах.	57
3.4. Собственное движение Луны.....	61
3.4.1. Общая характеристика Луны.....	61
3.4.2. Характер собственного движения Луны.....	62
3.4.3. Фазы Луны и ее возраст.....	63
3.4.4. Лунные и солнечные затмения.....	66
3.5. Собственное движение планет.....	67
3.5.1. Общая характеристика планет Солнечной системы.....	67
3.5.2. Особенности собственного движения планет.....	68
Контрольные вопросы.....	70
Глава 4. Основы измерения времени	73
4.1. Время и принцип его измерения.....	73
4.1.1. Общие положения.....	73
4.1.2. Звездное время.....	76
4.1.3. Солнечное время.....	78
4.1.4. Единицы измерения времени.....	80
4.2. Системы счета времени.....	82
4.2.1. Местное (меридианное) время.....	82
4.2.2. Всемирное (гринвичское) время.....	83
4.2.3. Поясное время.....	85
4.2.4. Декретное, летнее и судовое время.....	86
4.3. Демаркационная линия времени.....	87
4.4. Поправки измерителей времени.....	88
4.4.1. Методика определения поправки рабочих часов по сравнению с хронометром.....	91
4.4.2. Задачи на вычисление поправки часов по сравнению с хронометром.....	92
4.4.3. Задачи на вычисление суточного хода хронометра и его поправки.....	94
4.4.4. Определение всемирного времени.....	95
Контрольные вопросы.....	96
Глава 5. Морской астрономический ежегодник	99
5.1. Построение и содержание МАЕ.....	99
5.2. Определение по МАЕ часовых углов и склонений звезд.....	101
5.3. Определение по МАЕ часовых углов и склонений Солнца.....	103

5.4.	Особенности определения по МАЕ часовых углов и склонений Луны и навигационных планет.....	105
5.4.1.	Определение по МАЕ часового угла и склонения Луны.....	105
5.4.2.	Определение по МАЕ часовых углов и склонений навигационных планет.....	107
5.4.3.	Задачи на вычисление экваториальных координат светил.....	109
а)	Задачи на вычисление экваториальных координат звезды.....	109
б)	Задачи на вычисление экваториальных координат Солнца.....	110
в)	Задачи на вычисление экваториальных координат Луны.....	111
г)	Задачи на вычисление экваториальных координат навигационных планет.....	112
	Контрольные вопросы.....	113
Глава 6.	Параллактический треугольник светила.....	116
6.1.	Основные формулы сферической тригонометрии.....	116
6.1.1.	Параллактический треугольник светила, его элементы.....	116
6.1.2.	Основные формулы сферической тригонометрии.....	117
6.2.	Вычисление горизонтных координат светила по таблицам логарифмических функций «Мореходных таблиц (МТ-75)».....	119
6.3.	Вычисление высот и азимутов светил по таблицам «ТВА-57».....	121
6.3.1.	Назначение и устройство таблиц для вычисления высоты и азимута (ТВА-57).....	121
6.3.2.	Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-57».....	123
6.3.3.	Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ТВА-52».....	125
6.3.4.	Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ТВА-57»(ТВА-52).....	126
6.4.	Вычисление высот и азимутов светил по таблицам «ВАС-58».....	127
6.4.1.	Назначение и устройство таблиц «Высоты и азимуты светил (ВАС-58)».....	127
6.4.2.	Методика расчета счислимых высоты и азимута светила по таблицам «ВАС-58».....	128
6.4.3.	Задачи на вычисление горизонтных координат светил по таблицам «ВАС-58» (т. 4).....	133
	Контрольные вопросы.....	134
Глава 7.	Определение поправки компаса по небесным светилам. Освещенность морского горизонта.....	136
7.1.	Определение поправки компаса по небесным светилам.....	136
7.1.1.	Общие положения.....	136
7.1.2.	Определение поправки компаса по Полярной звезде.....	137
7.1.3.	Упрощенный способ определения ΔK по Полярной звезде.....	139
7.1.4.	Определение поправки компаса по видимому восходу (заходу) Солнца с использованием Мореходных таблиц.....	140
7.1.5.	Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по небесным светилам:.....	143
а)	Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по звезде.....	143
б)	Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по Солнцу.....	144
в)	Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по звезде Полярная.....	145
г)	Задачи на вычисление поправки компаса (ΔK) по-видимому восходу или заходу Солнца.....	146
7.2.	Освещенность морского горизонта.....	147
7.2.1.	Общие положения.....	147
7.2.2.	Задачи на вычисление судового времени восхода и захода Солнца.....	152
	Контрольные вопросы.....	153
Глава 8.	Звездный глобус. Звездное небо.....	156
8.1.	Звездный глобус.....	156
8.1.1.	Устройство звездного глобуса.....	156
8.1.2.	Установка звездного глобуса по широте и по звездному местному времени наблюдателя.....	158
8.1.3.	Определение наименования наблюдавшейся, но визуально неопознанной звезды.....	159
8.1.4.	Нанесение на звездный глобус навигационных планет.....	160
8.1.5.	Подбор по звездному глобусу звезд для наблюдений.....	160
8.1.6.	Определение по звездному глобусу азимута восхода (захода) Солнца.....	162
8.1.7.	Задачи на опознавание звезд по звездному глобусу.....	163
8.2.	Звездное небо.....	163
8.2.1.	Классификация звезд.....	163
8.2.2.	Созвездия и звезды Северного полушария.....	165
8.2.3.	Созвездия и звезды Южного полушария.....	172
	Контрольные вопросы.....	175
Глава 9.	Навигационный секстан. Измерение углов и высот светил.....	178
9.1.	Принцип действия, устройство и правила эксплуатации СНО.....	178
9.1.1.	Краткая история навигационного секстана.....	178
9.1.2.	Принцип действия навигационного секстана.....	181
9.1.3.	Устройство и правила эксплуатации навигационного секстана.....	183
9.2.	Выверки навигационного секстана.....	185
9.2.1.	Проверка параллельности оптической оси зрительной трубы плоскости.....	185

	азимутального лимба.....	
	9.2.2. Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба.....	186
	9.2.3. Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба.....	187
9.3.	Определение поправки индекса навигационного секстана.....	188
	9.3.1. Общие положения.....	188
	9.3.2. Определение поправки индекса секстана по звезде.....	188
	9.3.3. Определение поправки индекса секстана по Солнцу.....	189
	9.3.4. Контроль точности определения поправки индекса секстана по Солнцу.....	191
	9.3.5. Определение поправки индекса секстана по видимому горизонту.....	192
	9.3.6. Задачи на вычисление поправки индекса навигационного секстана по Солнцу.....	193
9.4.	Измерение высот светил и углов навигационным секстаном.....	193
	9.4.1. Измерение высоты звезды.....	193
	9.4.2. Измерение высоты нижнего края Солнца.....	195
	9.4.3. Измерение горизонтального угла между ориентирами.....	197
	9.4.4. Измерение вертикального угла ориентира.....	198
	Контрольные вопросы.....	200
Глава 10.	<u>Исправление измеренных высот светил.....</u>	202
10.1.	Исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном.....	202
	10.1.1. Общие положения.....	202
	10.1.2. Поправка за наклонение видимого горизонта.....	202
	10.1.3. Поправка за астрономическую рефракцию.....	204
	10.1.4. Поправка за параллакс светила.....	206
	10.1.5. Поправка за видимый полудиаметр светила.....	207
	10.1.6. Расчет истинных высот светил.....	210
	10.1.7. Задачи на исправление высот светил, измеренных навигационным секстаном.....	214
10.2.	Частные способы измерения высот светил навигационным секстаном.....	215
	10.2.1. Измерение высоты светила способом «через зенит».....	215
	10.2.2. Измерение высоты светила «над урезом воды».....	215
	10.2.3. Измерение высоты светила «в искусственный горизонт».....	217
	Контрольные вопросы.....	218
Глава 11.	<u>Основы определения места судна в море методом высотных линий положения.....</u>	220
11.1.	Навигационная изолиния и линия положения.....	220
11.2.	Круг равных высот (КРВ).....	223
11.3.	Метод высотных линий положения.....	226
	11.3.1. Высотная линия положения и ее элементы.....	227
	11.3.2. Определение обсервованных координат места судна на путевой карте.....	229
	11.3.3. Расчет обсервованных координат места судна на астрономическом бланке.....	230
	11.3.4. Правила определения наименования (знака) $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$	234
	11.3.5. Примеры расчета обсервованных координат по элементам ВЛП.....	235
	11.3.6. Задачи на расчет обсервованных координат места судна по элементам двух высотных линий положения.....	238
	Контрольные вопросы.....	239
Глава 12.	<u>Определение места судна в море по высотам светил.....</u>	241
12.1.	Общие положения. Обоснование способа.....	241
12.2.	Приведение высот светил к одному зениту.....	242
	12.2.1. Общие положения.....	242
	12.2.2. Задачи на вычисление поправки за приведение высот светил к одному (последнему) моменту при определении места судна по высотам двух звезд.....	244
12.3.	Практическое выполнение способа определения места судна в море по высотам двух светил (звезд).....	244
	12.3.1. Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам двух звезд.....	246
	12.3.2. Оценка точности обсервованного (по высотам двух светил) места судна.....	247
	12.3.3. Задачи на вычисление радиальной (круговой) СКП обсервованного по высотам двух светил) места судна.....	248
12.4.	Определение места судна в море по высотам Солнца.....	249
	12.4.1. Обоснование способа.....	249
	12.4.2. Оценка точности счисливо-обсервованного места судна по Солнцу.....	250
	12.4.3. Практическое выполнение способа определения места судна по Солнцу.....	252
	12.4.4. Задачи на вычисление счисливо-обсервованных координат места судна по высотам Солнца.....	253
	12.4.5. Задачи на вычисление радиальной (круговой) СКП счисливо-обсервованного (по Солнцу) места судна.....	254
	Контрольные вопросы.....	256
Глава 13.	<u>Определение места судна в море по одновременным наблюдениям 3÷4-х светил.....</u>	258
13.1.	Общие положения.....	258
13.2.	Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только систематических погрешностей.....	259

13.3.	Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии только случайных погрешностей.....	261
13.4.	Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности при наличии и систематических и случайных погрешностей.....	262
13.5.	Практическое выполнение способа определения места судна в море по высотам трех звезд и оценка точности обсервации.....	263
13.6.	Определение места судна в море по высотам 4-х светил.....	264
13.6.1.	Примеры нахождения вероятнейшего места судна в фигуре погрешностей.....	266
13.6.2.	Задачи на вычисление обсервованных координат места судна по высотам трех звезд при наличии фигуры погрешностей.....	272
	Контрольные вопросы.....	274
Глава 14.	Частные случаи использования небесных светил для целей судовождения.....	276
14.1.	Определение широты места судна по высоте Полярной звезды.....	276
14.1.1.	Общие положения.....	276
14.1.2.	Практическое выполнение способа.....	278
14.1.3.	Упрощенный способ определения обсервованной широты по высоте Полярной звезды.....	279
14.1.4.	Задачи на вычисление обсервованной широты по высоте Полярной звезды.....	281
14.2.	Определение широты места судна по меридиональной высоте светила.....	285
14.2.1.	Общие положения.....	285
14.2.2.	Практическое выполнение способа.....	286
14.2.3.	Задачи на вычисление судового времени верхней кульминации Солнца.....	288
14.2.4.	Задачи на вычисление обсервованной широты места судна по меридиональной высоте Солнца.....	289
14.3.	Особенности определения места судна по Солнцу в тропиках (при $h_0 > 88^\circ$).....	290
14.3.1.	Общие положения.....	290
14.3.2.	Практическое выполнение способа.....	290
	Контрольные вопросы.....	292
	Глоссарий.....	295
	Приложение 1. Ежедневные таблицы МАЕ-2010 (выдержка).....	304
	Приложение 2. Звезды. Видимые места, 2010 г. (выдержка).....	319
	Приложение 3. Азимут Полярной до 2020 г. (выдержка).....	320
	Приложение 3А. Азимут Полярной на 2010 г. (выдержка).....	321
	Приложение 4 а) Широта по высоте Полярной, 2010 (I поправка).....	322
	Приложение 4 б) Широта по высоте Полярной, 2010 (II поправка).....	323
	Приложение 4 в) Широта по высоте Полярной, 2010 (III поправка).....	324
	Приложение 5. Таблицы поправок к моментам восхода и захода Солнца и Луны, сумерек и кульминаций светил.....	325
	Приложение 5 а) Поправка за широту.....	325
	Приложение 5 б) Поправка за долготу.....	326
	Приложение 6. Таблицы для исправления измеренных высот светил.....	327
	Приложение 6 а) Поправка высоты светила за наклонение зрительного луча.....	327
	Приложение 6 б) Поправка высоты светила за наклонение видимого горизонта.....	328
	Приложение 6 в) Общие поправки высот нижнего и верхнего края Солнца.....	328
	Приложение 6 г) Поправка высоты звезды или планеты за рефракцию.....	329
	Приложение 6 д) Дополнительная поправка высоты Венеры и Марса за параллакс.....	329
	Приложение 6 е) Полудиаметр Солнца.....	330
	Приложение 6 ж) Поправка высоты светила за температуру воздуха.....	330
	Приложение 6 з) Поправка высоты светила за давление воздуха.....	330
	Приложение 6 и) Поправка высоты Солнца за среднюю астрономическую рефракцию и параллакс.....	331
	Приложение 6 к) Поправка высоты нижнего края Луны.....	332
	Приложение 6 л) Поправка высоты верхнего края Луны.....	333
	Приложение 6 м) Приведение высот к одному зениту.....	334
	Приложение 6 н) Горизонтальный экваториальный параллакс Луны на июнь 2010 г.	334
	Приложение 6 о) Изменение высоты светила за одну минуту времени.....	335
	Приложение 7. Таблица для перевода дуговой меры во временную и обратно.....	336
	Приложение 7 а) Градусы.....	336
	Приложение 7 б) Минуты дуги.....	336
	Приложение 7 в) Десятые доли минуты дуги.....	336
	Приложение 8. Основные интерполяционные таблицы (ОИТ) МАЕ (выдержка).....	337
	Приложение 9. Список звезд по созвездиям (выдержка).....	343
	Приложение 10. Список собственных имен звезд.....	345
	Приложение 11. Ежедневные таблицы МАЕ-2010 для расчета времени восхода и захода Солнца (выдержка).....	347
	Приложение 12. Продолжительность гражданских сумерек.....	348
	Приложение 12 а) Склонение Солнца одноименно с широтой места.....	348
	Приложение 12 б) Склонение Солнца разноименно с широтой места.....	348

Приложение 13. Продолжительность навигационных сумерек	349
Приложение 13 а) Склонение Солнца одноименно с широтой места	349
Приложение 13 б) Склонение Солнца разноименно с широтой места	349
Приложение 14. Азимуты видимого восхода или захода верхнего края Солнца	350
Приложение 14 а) Склонение Солнца одноименно с широтой места.....	350
Приложение 14 б) Склонение Солнца разноименно с широтой места.....	350
Приложение 14 в) Разность между азимутами восхода (захода) нижнего и верхнего Краев Солнца	351
Приложение 14 г) Азимут истинного восхода (NE) и захода (NW) светила.....	352
Приложение 15. Таблица для вычисления высоты и азимута светил (ТВА-52).....	353
Приложение 16. Гринвичский часовой угол точки Овна. (до 2020 г.).....	367
Приложение 16 а) Гринвичский часовой угол точки Овна на 1990 г. на $T_{гр}=0$	367
Приложение 16 б) Поправка часового угла точки Овна за часы, минуты и секунды	368
Приложение 16 в) Поправка часового угла точки Овна на год наблюдения	368
Приложение 17. Экваториальные координаты навигационных звезд.	369
Приложение 17 а) Звездное дополнение $\tau^* = 360^\circ - \alpha^*$	369
Приложение 17 б) Склонение δ^*	370
Приложение 18. Изменение склонения Солнца в течении года.....	371
Приложение 19. Восход (заход) Солнца в Киеве.....	372
Приложение 20. Возраст Луны и даты сизигий. Табл. 3.17 «МТ-2000» с. 349.....	373
<u>Перечень литературы</u>	374
<u>Инструкция по использованию электронного учебника</u>	376

ВВЕДЕНИЕ

Создание и развитие навигационных спутниковых систем во второй половине XX 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 этому времени практически уже выработали свой технический ресурс.

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.

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

При подготовке учебного пособия «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 пособии выдержек в виде таблиц из астрономических и навигационных пособий позволяет при самостоятельной работе по изучению дисциплины, познать порядок работы с этими таблицами (не обращая к ним напрямую), что способствует более глубокому практическому освоению содержания дисциплины «Мореходная астрономия».

Авторы учебного пособия выражают искреннюю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Судовождение и управление судном» Государственного университета инфраструктуры и технологий за советы и пожелания при подготовке третьего издания учебного пособия «Практическая мореходная астрономия». А также декану факультета «Судовождение» Государственного университета инфраструктуры и технологий, кандидату юридических наук, доценту Елеазарову А.П. за активное участие в создании учебного пособия, преподавателю кафедры «Технических систем и процессов управления в судовождении» Настевичу И.Н. за компьютерную вёрстку рукописи пособия.

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:

- определение места судна в море по небесным светилам;
- определение истинных направлений относительно наблюдаемых небесных светил (определение поправки курсоуказателя - «ΔК»);
- определение, хранение и распространение точного времени;
- 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 (ΔК) является практически почти 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 **Николя 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 Киренский** (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 ($23^{\circ} 51'$);
- 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 осью – **1-я гелиоцентрическая система Мира**.
- II век до н.э.** → величайший астроном древнего мира **Гиппарх Никейский** (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 **аль-Бируни** (973÷1048 гг.) высказал сомнение в справедливости геоцентрической системы Птолемея.
- XV век** → **Улугбек (внук Тамерлана)** (1394÷1449 гг.) 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** (1670÷1735 гг.) 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** (1451÷1506 гг.) 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** (1758÷1825 гг.) издает календарь для нужд флота «**Карманный месяцеслов**» – 1-й русский астрономический ежегодник.
- 1839 г.** → **В.Я. Струве** (1793÷1864 гг.) открывает Пулковскую астрономическую обсерваторию.
- 1843 г.** → американский моряк **Томас Сомнер** (1807÷1876 гг.) предложил графический метод определения места судна при помощи высотных линий положения на карте.
- 1849 г.** → черноморский моряк корпуса флотских штурманов, поручик **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** (1884÷1954 гг.) разработал обобщенный метод высотных линий положения для определения места судна в море по высотам светил.

С **1930 г.** под руководством профессора **И.Д. Жанголовича** (1892÷1981 гг.) 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 (1879÷1950 гг.) «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. (1908÷1996 гг.) | – 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 Фридрих Вильгельм (1784÷1846 гг.) | – создал точный звездный каталог для 62.000 звезд. |
| Брадлей Джеймс (1693÷1762 гг.) | – доказал аберрацию (1728г.) и нутацию (1748г.) оси Земли. |
| Брауде С.Я. (род. в 1911 г.) | – составил 1-й каталог космических 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. (1904÷1994 гг.) | – доказал вращение ядра планет. |

- Гаусс Карл-Фридрих** (1777÷1855 гг.) – разработал теорию движения небесных светил.
- Геденов 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.** (1916÷2009 гг.) – 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 наклонномер.
- 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.
- 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 распределением вещества в ней и не является Евклидовой.
- Любимов А.А. (Афанасий)** (1641÷1702 гг.) – первый русский астроном в Холмогорах
- Ломоносов М.В.** (1711÷1765 гг.) – в 1761 г. объяснил наличие атмосферы у Венеры.
- Максутов Д.Д.** (1896÷1964 гг.) – создал новый тип телескопа.
- Наан Г.И.** (1919÷1994 гг.) – выдвинул гипотезу симметричности Вселенной.
- Нюрн М.О.** (1837÷1921 гг.) – в 1885 г. получил значение годичной аберрации звезд (20,49").
- Орлов С.В.** (1880÷1958 гг.) – создал теорию строения комет.
- Паренаго П.П.** (1906÷1960 гг.) – определил галактическую орбиту Солнца.
- Пономарев Н.Г.** (1900÷1942 гг.) – конструктор первого отечественного рефлектора.
- Румовский С.Я.** (1734÷1812 гг.) – ввел точное значение параллакса Солнца (8,67").
- Савич А.Н.** (1811÷1883 гг.) – вывел элементы орбиты планеты Нептун.
- Северный А.Б.** (1913÷1987 гг.) – открыл пульсации Солнца.
- Симонов И.М.** (1794÷1855 гг.) – разработал метод определения местного времени по измеренным высотам светил.
- Струве Л.О.** (1858÷1920 гг.) – в 1887 г. впервые получил угловую скорость вращения Галактики.
- Струве О.В.** (1819÷1905 гг.) – в 1841 г. определил значение постоянной прецессии.
- Тихов Г.А.** (1875÷1960 гг.) – в 1909 г. получил первое фото Марса.
- Фридман А.А.** (1888÷1925 гг.) – в 1924 г. предсказал расширение Вселенной.
- Хайкин С.Э.** (1901÷1968 гг.) – основоположник отечественной радиоастрономии.

Цераский В.К. (1849÷1925 гг.)

– в 1887 г. построил фотометр. Разработал специальный гелиометр.

Цингер Н.Я. (1842÷1918 гг.)

– 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: $R_{\text{Зр}} = 6.371,1$ км – песчинка в космосе. Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли; масса Плутона ~ в 450 раз меньше массы Земли. На все планеты приходится менее 1/774 массы Солнца.
- Солнце – $\varnothing 1,39$ млн. км, его диаметр вмещает 109 \varnothing Земли. Масса Солнца ~ в 333.000 раз больше массы Земли. И составляет 99% массы Солнечной системы. $t^{\circ}\text{C}$ ядра > 13 млн°. В 1 с 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 → $R \sim 13 \div 16$ млрд. световых лет.

Г. О расстояниях

- Длина земного экватора – 40.030 км.
- От Земли до Солнца ~ 150 млн. км (147,1÷152,1 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 (~ 40,68 трлн. км.).
- От Земли до ближайшей видимой в наших широтах * Сириус ~ 8,5 световых лет (~ 80,42 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. (29,765 км/с).
- Солнечная система вращается вокруг центра нашей Галактики со скоростью ~ 220 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.
- Квазар «OQ172» в созвездии Волопаса удаляется от нас со скоростью, близкой к скорости света (~ 300 000 км/с).

Примечание:

- 1) 1 а.е. (астрономическая единица) $\approx 1,49598 \cdot 10^8$ км;
- 2) 1 св. г. (световой год) $\approx 63,240$ а.е. $\approx 9,46058 \cdot 10^{12}$ км $\approx 0,3067$ пс.;
- 3) 1 пс. (парсек) ≈ 206265 а.е. $\approx 3,260515$ св.г. $\approx 3,0857 \cdot 10^{13}$ км.

Е. О светимости звезд

- Абсолютная светимость Солнца эквивалентна 3.830 млрд. трлн. 100 вт. эл/лампы, светящихся 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 (☉ – 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 (510 072 000 км²).

Более 70% поверхности (~ 361,1 млн. км²) покрыта водой, которая уникальна в Солнечной системе.

Масса Земли ≈ 6.000 секстиллионов кг (~ 5,974 · 10²¹ т. ≈ 5,974 · 10²⁷ 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 сообщающихся 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 основных референц – эллипсоидов

(из табл. 2.23. «МТ-2000» с.304)

Таблица 1.1.

	Референц - эллипсоид		Большая полуось a (м)	Полярное сжатие λ
	русское название	латинское наименов.		
1	Эйри	Airy	6.377.563,396	1/299,3249646
2	Эйри модифицированный	Modified Airy	6.377.340,189	1/299,3249646
3	Австралийский национальный	Australian National	6.378.160	1/298,25
4	Бесселя 1841 г.	Bessel 1841	6.377.397,155	1/299,1528128
5	Кларка 1866 г.	Clarke 1866	6.378.206,4	1/294,9786982
6	Кларка 1880 г.	Clarke 1880	6.378.249,145	1/293,465
7	Эвереста	Everest	6.377.276,345	1/300,8017
8	Эвереста модифицированный	Modified Everest	6.377.304,063	1/300,8017
9	Фишер 1960 г.	Fischer 1960	6.378.166	1/298,3
10	Фишер 1968 г.	Fischer 1968	6.378.150	1/298,3
11	Геодезическая референц-система 1980 г.	Geodetic Reference System 1980	6.378.137	1/298,257222101
12	Гельмерта 1906 г.	Helmert 1906	6.378.200	1/298,3
13	Хьюга	Hough	6.378.270	1/297
14	Международный	International	6.378.388	1/297
15	Красовского	Krassovsky	6.378.245	1/298,3
16	Южно-американский 1969 г.	South American 1969	6.378.160	1/298,25
17	Всемирная геодезическая система 1960 г.	WGS-60	6.378.165	1/298,3
18	Всемирная геодезическая система 1966 г.	WGS-66	6.378.145	1/298,25
19	Всемирная геодезическая система 1972 г.	WGS-72	6.378.135	1/298,26
20	Всемирная геодезическая система 1984 г.	WGS-84	6.378.137	1/298,257223563

Размеры референц - эллипсоида Красовского:

$a = 6\,378\,245$ м – большая полуось (длина экватора ~ 40.076 км);

$v = 6\,356\,863\text{ м}$ – малая полуось;
 $\alpha = 1:298,3$ – полярное сжатие (0,0033523299);
 $e = 0,0818133$ – эксцентриситет.

Отклонение от поверхности геоида **не более 150 м**.
 Большая и малая полуоси отличаются на **~ 21,4 км (21,38 км)**.

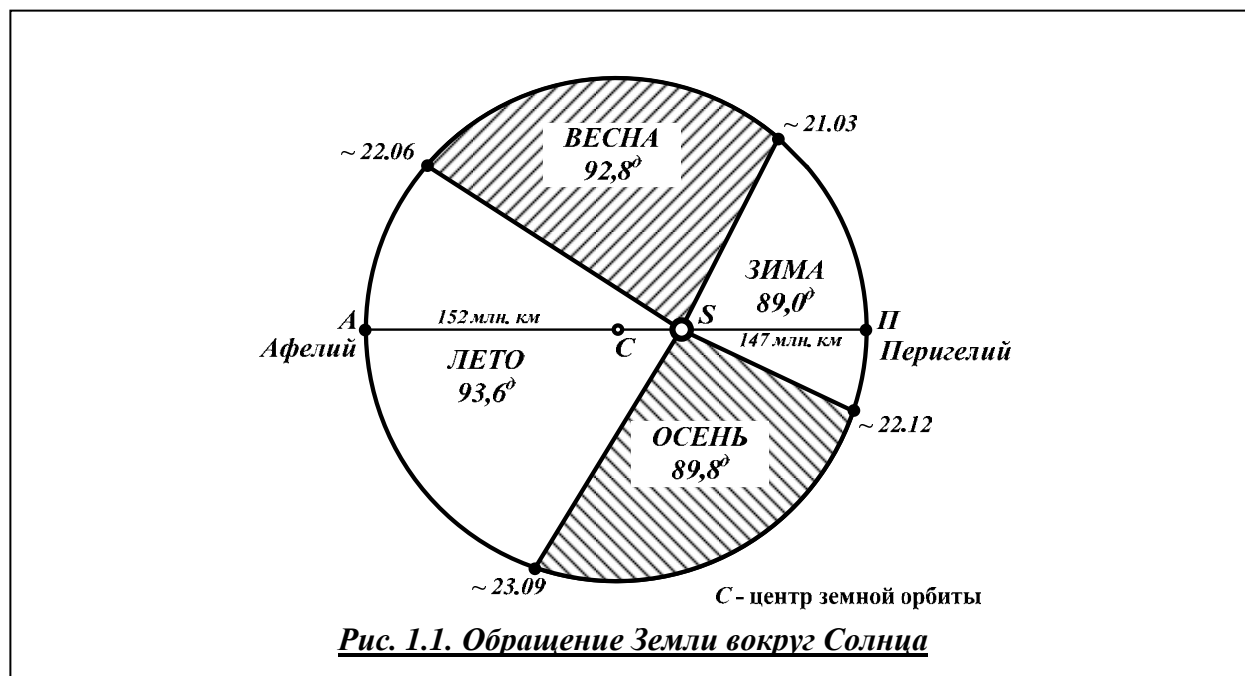
Среднее значение радиуса Земли: $R_{cp} = 6.371,11\text{ км}$. Длина экватора: **40.031 км**.

Астрономы предполагают, что Земля образовалась **~ 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 ($V_{cp} \approx 30\text{ км/с}$) 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 ($S_n \approx 147,1\text{ млн. км}$).



Дальше всего от Солнца Земля отходит **в начале июля** (т. *А* – афелий), когда у нас лето, которое прохладнее, чем в Южном полушарии ($S_A \approx 152,1\text{ млн. км}$).

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 ($\sim 149,598\text{ млн. км}$) = 1 а.е. (астрономическая единица).

Большая полуось земной орбиты: $a = 149,60\text{ млн. км}$.

Причина смены времен года кроется в наклоне земной оси.

Ось вращения Земли расположена под углом **~ 66°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 (**54,5 млн. км²**).
2. Самый большой материк – Азия (**44 млн. км²**).
3. Самый большой океан – Тихий океан (**179,7 млн. км²**).
4. Самое большое море – Коралловое (**4,8 млн. км²**).
5. Самое большое озеро – Каспийское море (**371 000 км²**).
6. Самая длинная река – река Амазонка (**6 992 км**).
7. Самая высокая гора – гора Эверест (Джомолунгма) (**8 848 м**).
8. Самая большая впадина суши – Мертвое море (**-392 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 = до 3 км**).
12. Самый крупный водопад – водопад Анхель (**1.054 м**).
13. Самая большая глубина в море – глубина в Марианской впадине Тихого океана (**11 022 м**).
14. Самое влажное место – г. Вайалеале, Гавайские острова (среднегодовое количество осадков **11 680 мм**).
15. Самое сухое место – пустыня Атакама, Чили (в Каламе осадков не было вообще).
16. Самое холодное место – станция «Восток», Антарктида (**-89,2°C - 21.08.1983 г.**). И центр Антарктиды (**93,2°C - 10.08.2010 г.**)
17. Самое жаркое место – г. Эль-Азизийя, Ливия (**+58°C IX.1922 г.**). И Пустыня около Ирана (**+70,7°C - 2005 г.**)
18. Самый сильный ветер – **372 км/ч** (1934 г.).
19. Самые высокие приливы – залив Фанди, Канада (**18 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).

- **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 ($qEq'W$);
- **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 ;

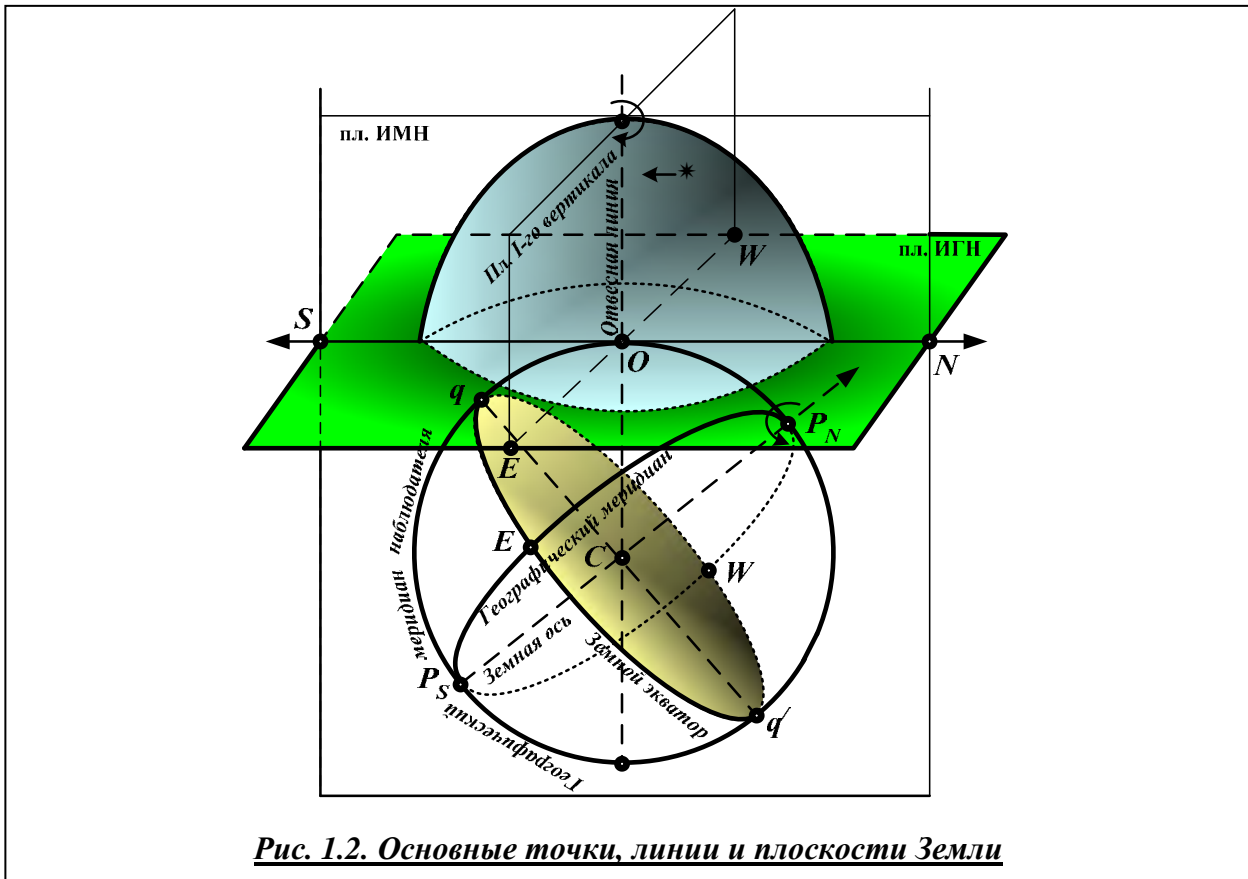


Рис. 1.2. Основные точки, линии и плоскости Земли

- **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 ($\varnothing 35$ мм), 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 ($D_{min} \approx 43$ трлн. км) всех наблюдателей, расположенных в разных местах земной поверхности, можно считать находящимися в одной точке, т.е. центре небесной сферы,