

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПМ.01 УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ

МДК.01.01 Навигация, навигационная гидрометеорология и лоция

Раздел 3 Мореходная астрономия

специальность

26.02.03 Судовождение

уровень среднего
профессионального
образования

Специалист среднего звена

квалификация

Техник- судоводитель

Год приема

2025

Севастополь
2025

Методические рекомендации по Мореходной астрономии разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01 Управление судном МДК.01.01 Навигация, навигационная гидрометеорология и лоция по специальности 26.02.03 Судовождение (3 года 10 месяцев), входящей в укрупненную группу специальностей 26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта

Организация-разработчик: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Разработчики:

Петрушечкин А. Ю., преподаватель

Иваровский Ю. Н., преподаватель

Рассмотрено и одобрено на заседании
цикловой комиссии

«Судовождение»

Протокол № 1 от

«03» сентября 2025 г.

Председатель цикловой комиссии

Пожарова М.Н./ 

Лекция 1

Вспомогательная небесная сфера.

Основные задачи и краткая история мореходной астрономии

По дисциплине «Мореходная астрономия» используются формы с применением модели смешанного обучения, на основе гибкого сочетания аудиторных контактных занятий под руководством преподавателя в аудиториях института и внеаудиторной самостоятельной работы в онлайн-курсе СДО «Moodle».

В процессе обучения по дисциплине «Мореходная астрономия» применяются инновационные формы учебных занятий, такие как работа в системе дистанционного обучения «Moodle», тестирование на ПК ПЗ «Дельта».

Цель освоения дисциплины:

Целью преподавания дисциплины «Мореходная астрономия» (МА) является приобретение компетенций, необходимых для планирования и осуществления перехода судна, определения местоположения судна, а также обработки результатов наблюдений и измерений.

Задачи:

- изучение основ сферической тригонометрии и ее применения при решении задач судовождения;
- изучение систем сферических координат небесной сферы;
- изучение систем измерения времени;
- выработка умений использования секстана, звездного глобуса, хронометра;
- выработка умений в решении задач по определению места судна по небесным светилам с оценкой точности;
- выработка умений в решении задач по определению поправки компаса по небесным светилам.

Литература по дисциплине:

1. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия. – М.: Транспорт, 1978 – 304 с.
2. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.

3. Черниев А.Ф. Сборник задач по мореходной астрономии. – М.:Транспорт,1984-208с.

Учебные вопросы:

1. Краткая история мореходной астрономии.
2. Вспомогательная небесная сфера. Основные точки, линии и плоскости.

1. Краткая история мореходной астрономии.

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

Основными задачами мореходной астрономии являются:

- определение места судна в море по небесным светилам;
- определение истинных направлений относительно наблюдаемых небесных светил (определение «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 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».

Астрономия – древняя наука. Первые упоминания астрономических наблюдений, которые подтверждены историками, относятся к 8 веку до н. э.

Кроме того, приблизительно в 3 веке до н. э. были составлены первый каталог звезд, включавший около 850 астрономических объектов, и первые таблицы движения Солнца и Луны. Античные научные традиции нашли свое продолжение и в арабском мире. В 1 веке н. э. были открыты Багдадская

астрономическая школа и обсерватория, а во 2 веке н. э. арабские астрономы расширили каталог известных звезд и уточнили наклон эклиптики к экватору.

Расцвет астрономии пришелся на 15 век (европейский период). Работы Коперника, закон тяготения Ньютона, создание первого телескопа, открытие малых планет Цереры и Юноны, получение первых фотографий Солнца – это малый список достижений ученых на поприще астрономии и астрофизики.

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

2. 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).

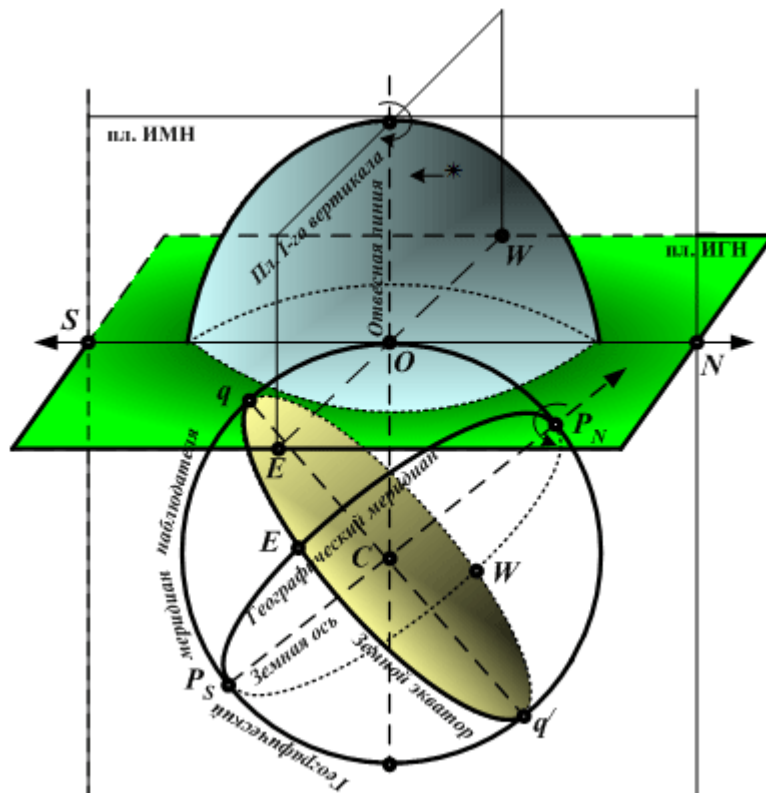


Рис.1 Основные точки, линии и плоскости Земли

- **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

Таким образом: из-за малых размеров Земли, в сравнении с расстояниями до звезд 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. 2):

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).

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 **вертикал** – большой круг, проходящий через зенит (Z) и надир (n) – I-й вертикал 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 **альмукантарат** → малый круг (aa') параллельный истинному горизонту наблюдателя.

Основные точки, линии и плоскости ВНС

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

«ВНС» → 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.) занимают для данного наблюдателя **совершенно определенное положение на ВНС** и относительно которых можно наносить видимые места светил на сферу.