

Практическая навигация для современных яхт и катеров

Пэт Мэнли

**SMART
BOOK**

Москва

УДК 629.5
ББК 39.47
М97

Пэт Мэнли

М97 Практическая навигация для современных яхт и катеров / Пэт Мэнли ; [пер. с англ. Алексея Пачкевича]. — М. : СмартБук, 2009. — 192 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9791-0170-5

Агентство СІР РГБ

Владельцы современных яхт и катеров не всегда представляют себе способы навигации вообще и электронной навигации в частности. В то время как современный моряк — это электронный навигатор. Современные лодки продаются оснащенными GPS, карт-плоттерами и радарными с большим количеством различных дисплеев. Эта книга учит вас навигации с помощью таких устройств. Она использует логичную комбинацию современных и традиционных способов с упором на практическую составляющую навигации. Такой подход гарантирует, что у читателя всегда будет достаточно знаний для безопасного управления своей яхтой в любых условиях.

Книга предназначена для широкого круга читателей, как владельцев собственных лодок, так и людей, увлекающихся водными просторами и яхтингом.

УДК 629.5
ББК 39.47

ISBN 978-5-9791-0170-5

© ООО «Итрейд», 2009

Оглавление

Вступительное слово	ix
Введение	xi
Глобальная система определения положения (GPS)	1
Как GPS-приемник показывает, какой спутник он видит	2
Как работает GPS	3
Точность определения положения	4
Аварийное отключение системы GPS	5
Намеренное нарушение работы GPS	5
GPS – система прямой видимости	5
Избирательный доступ	6
Дифференциальная GPS (DGPS)	6
Глобальная система панорамного обзора	6
Задержка при включении	7
Измерение скорости	8
Определение курса	8
Наш адрес на поверхности Земли	11
Экватор	12
Широта	12
Гринвичский меридиан	12
Долгота	12
Наш адрес	13
Международная линия перемены дат	13
Определение широты и долготы	13
Расстояние и направление	14
Направление	16
Плоская Земля	19
Сферическая Земля и «датум карты»	20
Ошибки карт	22
Измерение широты и долготы	25
Условные обозначения на карте	26
Магнитный компас	29
Магнитное поле Земли	30
Путевой компас	30
Девияция компаса	31
Коррекция компаса	31

Составление таблицы девиации	31
Индукционный компас	33
Проработка маршрута	35
Использование готовых путевых точек	36
Маршрут для GPS-приемника	36
Загрузка маршрута в GPS-приемник	38
Проблемы с некоторыми GPS-приемниками	38
Разработка маршрута на электронном картплоттере или на ПК	38
Приливы	39
Высота приливов	39
Приливные течения	50
Определение величины приливного течения	52
Скорость лодки	57
Скорость относительно грунта	57
Скорость относительно воды	58
Измерение скорости относительно воды	58
Ошибки лага	58
Эхолоты	61
Как они работают	62
Единицы глубины	62
Калибровка	62
Сигнализация заданной глубины	63
Ложные сигналы	63
Рыболовский эхолот	63
Определение положения лодки	65
GPS	65
Активный маршрут	66
Другие методы	66
Линии позиции	67
Определение местоположения по линиям позиции	69
Ошибки линий позиции	70
Расстояние прямой видимости	71
Когда ничего не работает	72
Электронные картплоттеры	73
Планирование перехода	77
Обзор	78
Детальный план	79
Перед самым отходом	80

Составление плана перехода	81
Предварительное планирование	81
Подготовьте информацию на день выхода	81
Переход	81
Путевая сетка (Distance x XTE)	86
Метод «Паутина» (Distance x Bearing)	86
Картушка компаса на карте как путевая точка	87
Немаркированная опасность как путевая точка	88
Безопасный пеленг	88

Пилотаж 89

Кто осуществляет пилотаж	90
Знаки навигационной обстановки	90
Международная система ограждения навигационных опасностей	90
Международная система ограждения навигационных опасностей – все районы	91
Планирование	97
Основы пилотажного плана	97
План пилотажа	98
Работать вместе	101

Автоматическая система распознавания 103

Что такое автоматическая система распознавания	104
Как работает AIS	104
Автоматическая система распознавания класса А	104
Автоматическая система распознавания класса В	104
AIS дисплей	105
AIS дисплей на картплоттере	106
Приемо-передатчик AIS класса В	107

Радар 109

Как работает радар	110
Навигация с радаром	113
Навигация по радару	114
Наложение радарной картинки на экран картплоттера	121
Настройка радара	121
Использование радара для предупреждения столкновений	122

Автопилоты 125

Типы автопилотов	125
Использование автопилота	126

Персональные компьютеры 129

Какой тип ПК использовать для навигации	130
Какую использовать навигационную программу	130

Какие типы электронных карт	131
Электронные карты для картплоттера на ПК	132
Выбор навигационной программы для ПК	133
Составление маршрута	134
Планирование перехода парусной яхты	135
Загрузка маршрута в GPS	137
AIS и ПК	138
Картинка радара на ПК	139
Navtex на ПК	142
Информация о приливах на ПК	142
Совмещение ПК с бортоборудованием	143

Счисление и определение положения 145

Навигация без учета факторов	146
Ожидаемая/Счислимая позиция с учетом факторов — EP	146
Дрейф под ветер	148
Ошибка определения EP	148
Определение EP для составного маршрута	148

Вычисление курса для рулевого 149

Нанесение на карту пути относительно грунта	150
Выбор временного интервала	150
Нанесение вектора течения	151
Нанесение скорости относительно воды	151
Определение скорости относительно грунта	152
Сравните с EP	153

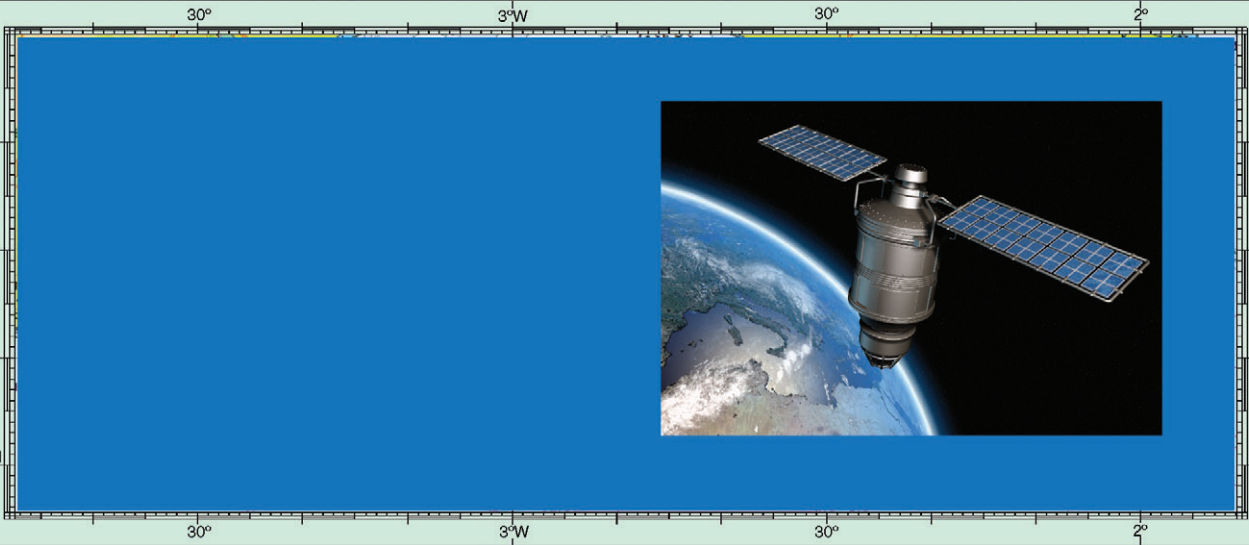
Высота прилива и приливные течения 155

Поправка на атмосферное давление	156
Таблицы приливов	156
Метод прогноза приливов Гидрографической Службы Великобритании (УКНО)	156
Метод прогноза приливов SHOM	159
Приливные течения	161

Планирование и прокладка курса в приливных водах 165

Куда прилив вынесет лодку	165
Длинный переход с постоянным компасным курсом	165
Куда прилив вынесет лодку	167
Высота приливов и приливные течения	169

Глоссарий 179



Глобальная система определения положения (GPS)

Как GPS-приемник показывает, какой спутник он видит

Как работает GPS

Точность определения положения

Аварийное отключение системы GPS

Намеренное нарушение работы GPS

GPS – система прямой видимости

Избирательный доступ

Дифференциальная GPS (DGPS)

Глобальная система панорамного обзора

Задержка при включении

Измерение скорости

Определение курса

Глобальная система определения положения (GPS - Global Positioning System) состоит из 24 спутников, вращающихся в шести орбитальных плоскостях на расстоянии 11 000 миль. Каждый спутник имеет период обращения 12 часов, так что в любой точке Земли, в любое время видно от пяти до восьми спутников. На рисунке для простоты показаны только три орбитальных плоскости.



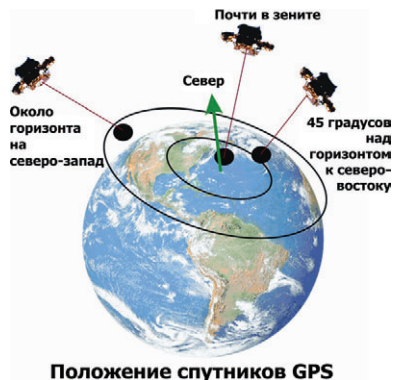
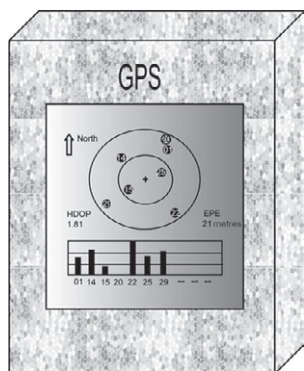
Упрощенный рисунок спутниковой группировки GPS. С разрешения министерства обороны США

Для замены вышедших из строя на орбите есть несколько запасных спутников. Время службы каждого спутника – 7 лет. По мере необходимости военными США запускаются новые спутники.

Американская монополия на точное определение положения беспокоит другие страны, что привело к созданию ГЛОНАСС (российская система) и будущему созданию ГАЛИЛЕО (европейская система). Они работают так же, как GPS, и новые модели GPS-приемников смогут работать со всеми системами.

Как GPS-приемник показывает, какой спутник он видит

При включении, приемник начинает искать сигнал от спутников и открывает экран, на котором показывает вам, что он видит на небе до самого горизонта. Внешний круг – это горизонт, внутренний – возвышение 45 градусов над горизонтом, а центр показывает положение вертикально вверх – зенит. Расчетное положение спутников показано на экране как бесцветные круглые метки, которые при получении надежного сигнала становятся черными. Внутри каждой метки стоит номер спутника. На той же странице есть столбчатая диаграмма, где высота столба показывает силу сигнала (на самом деле – отношение полезного сигнала к шуму - качество сигнала), под каждым столбиком указан номер спутника. Таким образом, вы можете видеть количество спутников и качество сигнала, который получает приемник, и по этой картине оценить возможный уровень точности определения положения. Часто на экране есть индикатор точности определения положения, но об этом я расскажу позже.



Положение спутников GPS

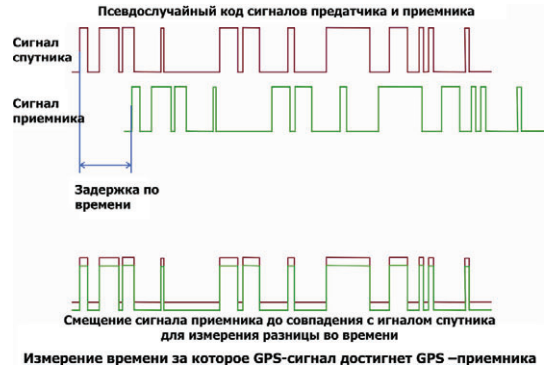
Как работает GPS

Измерение времени

Чтобы найти свое положение на поверхности Земли, GPS-приемник должен определить дистанцию, по крайней мере, до четырех спутников. Теоретически, достаточно трех спутников, но точности часов приемника для этого недостаточно.

Расстояние измеряется по времени, за которое GPS-сигнал проходит от спутника до приемника. Поскольку это время для спутника в зените составляет всего 0,06 секунды, то ошибка в одну тысячную секунды приведет к ошибке измерения расстояния в 200 миль! На каждом спутнике есть сверхточные «Атомные часы», но оборудовать такими часами каждый GPS-приемник было бы практически невозможно.

Спутник передает псевдокод, а приемник совмещает его со своим псевдослучайным кодом. Время, на которое приемник сдвигает свой сигнал для получения совпадения и есть мера, по которой можно вычислить расстояние. Это можно представить как совмещение постоянно повторяющихся штрих-кодов. Точности такого метода достаточно для примерной оценки расстояния.

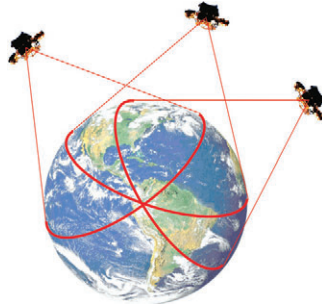
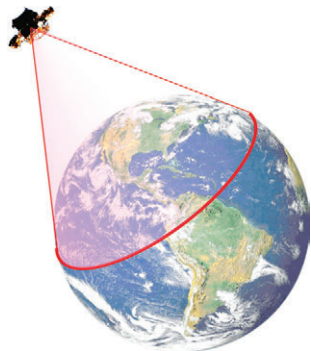


Определение положения

Если расстояние до спутника вычислено, оно может быть нарисовано на поверхности Земли в виде окружности, каждая точка которой удалена от спутника на равное расстояние. Стало быть, приемник находится где-то на этой окружности, называемой линией положения.

Если вычислено расстояние от двух других спутников и оно нарисовано на поверхности таким же образом, приемник должен находиться на всех трех линиях.

Естественно, на поверхности Земли может быть только одна такая точка, которая и является местоположением приемника.



Треугольник, построенный по линиям положения от трёх спутников

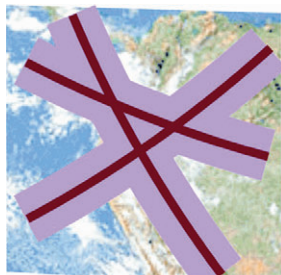
Из-за небольшой неточности часов приемника, положение всегда будет определено с ошибкой. Окружности равного расстояния не будут пересекаться в одной точке и будут, в общем случае, давать треугольник.

Псевдо расстояние

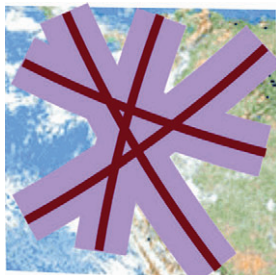
Умная программа в приемнике превращает расстояния в псевдо-расстояния, что позволяет совместить их в пределах определенной погрешности.

Линия положения с четвертого или даже большего числа спутников вычисляется и добавляется к результату определения позиции.

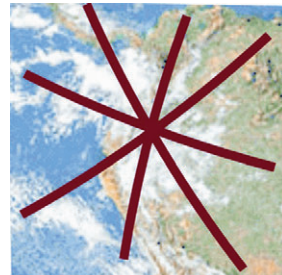
Дополнительные линии положения позволяют более точно определить ошибку часов приемника и получить хорошую точность определения положения, когда все окружности пересекаются в одной точке.



Псевдо расстояние



Четвертый спутник



Хорошее определение

Точность определения положения

Когда расстояние вычислено по времени прохода сигнала от спутника до приемника, любые вариации скорости сигнала и его реального пути будут приводить к ошибкам.

Погрешность из-за этих факторов будет обычно не более ± 15 метров в 95% измерений и складывается она из следующих ошибок:

- влияние ионосферы - ± 10 метров;
- случайные ошибки - $\pm 2,5$ метра;
- ошибки часов спутника - ± 2 метра;
- отражение сигнала - ± 1 метр;
- влияние тропосферы - $\pm 0,5$ метра;
- погрешности вычислений - ± 1 метр или меньше.



Шаг диаметра кругов - 25 метров

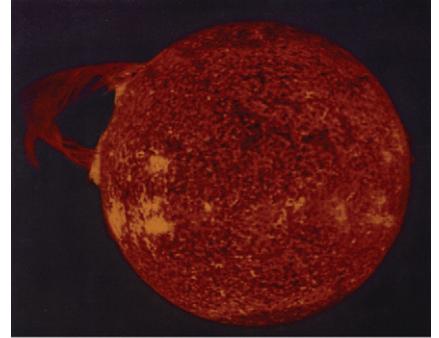
Нормальные ошибки GPS

На рисунке показаны нормальные ошибки GPS за 8 часов, пока моя лодка была пришвартована в марине. Хотя большинство ошибок укладывается в круг диаметром 25 метров, одно определение было с ошибкой почти 100 метров. Это совершенно нормальная работа GPS.

Аварийное отключение системы GPS

Вспышки на Солнце могут полностью блокировать сигналы спутников на освещенной стороне Земли. Вспышки 5 и 6 декабря 2006 года оказали широкомасштабное и серьезное воздействие на GPS-приемники, когда многие из них прекратили отслеживать спутники. Профессор Дайл Гэри из Технического университета Нью Джерси сказал: «Эта вспышка произошла в период минимальной активности Солнца и все равно дала в 10 раз более мощное радиоизлучение, чем ранее зарегистрированный рекорд... на максимуме вспышка дала в 20 000 раз больше радиоизлучения, чем все остальное Солнце. Этого было достаточно, чтобы забить все GPS-приемники на освещенной стороне Земли».

Период активности солнечных вспышек составляет 11 лет.



Вспышки на Солнце могут вызвать серьезные ошибки в работе GPS до полного блокирования спутников

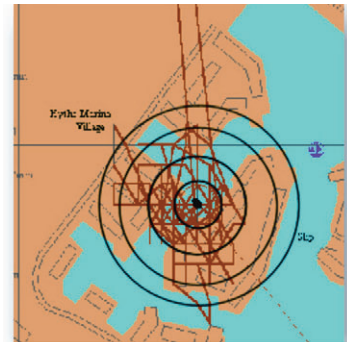
Намеренное нарушение работы GPS

Мощность GPS-сигнала очень мала и его легко можно нарушить. Поскольку потенциальный противник может попытаться специально нарушить сигнал на относительно небольшой ограниченной территории, то военные ведомства периодически намеренно искажают сигналы для оценки возможных последствий. О таких испытаниях как правило сообщается заранее.

GPS – система прямой видимости

GPS-приемник должен «видеть» спутник для того чтобы принять его сигнал. Если здания, скалы или деревья заслоняют линию прямой видимости, сигнал от этого спутника не будет принят и точность определения может ухудшиться. В этих условиях, возможно, приемник получит сигнал, отраженный от других поверхностей. При этом время прохода радиоволн будет больше и расстояние будет вычислено с ошибкой. И в этом случае точность определённо снизится.

Сигнал может проникать через некоторые твердые поверхности, например, стекло, стеклопластик и ткань, поэтому иногда можно получить удовлетворительные результаты, даже когда антенна установлена внутри лодки.



Шаг диаметра кругов - 25 метров

Точность GPS в режиме избирательного доступа

Избирательный доступ

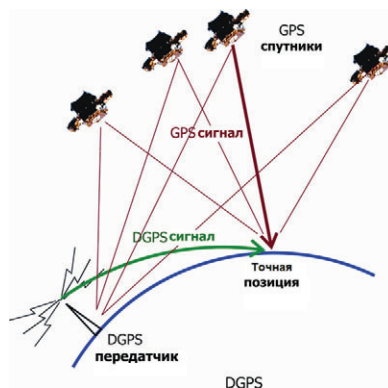
Изначально военное ведомство США вносило такие случайные ошибки в сигнал спутников для гражданских пользователей (называя это «избирательным доступом»), при которых точность определения положения не превышала 100 метров в 95% измерений. Избирательный доступ был выключен, но военные США могут возобновить его без предупреждения в любой момент. Надо всегда помнить об этой возможности. На прилагаемом рисунке позиция, которая находится далеко за северной границей карты, определялась с ошибкой более 800 метров.

Если спутник вышел из строя и передает неправильный сигнал, ошибки GPS могут измеряться мильями. При этом время, необходимое команде наблюдения для выключения поврежденного спутника, может составлять до полутора часов.

Дифференциальная GPS (DGPS)

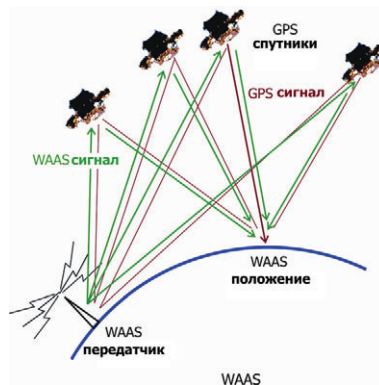
Ошибку вычисления положения можно определить, сопоставляя точно известное положение стационарного GPS-приемника с положением, вычисленным при помощи GPS-сигнала. Если значение этой ошибки было передано другим GPS-приемникам в этом районе, они могут учесть эту ошибку при определении своего положения, что даст гораздо большую точность, 3 метра в 95% измерений. Этот метод называется Дифференциальная GPS (DGPS).

Чтобы использовать преимущества DGPS, GPS-приемник должен быть не дальше 200 миль от наземной DGPS-станции. Метод DGPS часто используется в геодезии и был обычным и для любителей до тех пор, пока не был выключен избирательный доступ. Необходимость в DGPS для любителей исчезла, поскольку нормальная точность GPS составляет 15 метров.



Глобальная система панорамного обзора

Глобальная дифференциальная система (WAAS - Wide Area Augmentation System) использует сеть наземных станций для наблюдения за точностью GPS. Данные об ошибках посылаются на две основные станции, которые, в свою очередь, посылают поправки всем GPS-спутникам. Постоянно обновляемая информация о поправках транслируется спутниками и доступна для всех приемников, способных принимать сигналы WAAS. Для таких приемников точность определения доходит до 7,5 метров. Изготовители приемников, обычно излишне оптимистично, заявляют о точности 3 метра.



Работа этой системы находится под постоянным наблюдением и сигналы от неисправных спутников автоматически отключаются.

WAAS доступна только в Соединенных Штатах Америки и в Канаде, но Европейская система EGNOS и Японская MSAS выполняют такую же функцию в соответствующих районах мира. WAAS-приемники могут работать с EGNOS и с MSAS.

Современные GPS-приемники

Современные GPS-приемники обычно имеют 12 или более каналов, по которым могут принимать сигнал от 12 спутников одновременно. Спутники двигаются по орбитам довольно быстро и способность приемников «захватывать» большое число спутников означает, что они всегда используют все доступные данные. Это также значит, что приемники загружаются очень быстро.

Старые приемники имеют очень небольшое число каналов, так, что они должны делить свое время между обработкой данных от одного или нескольких спутников и поиском сигналов от других спутников. Естественно, такие приемники работают медленно.



Шаг диаметра кругов - 25 метров

Ошибки WAAS GPS



Современный GPS-приемник

Задержка при включении

Холодный старт

Когда новый GPS-приемник включен первый раз, он понятия не имеет о времени, дате, где он находится и где искать спутники. Поскольку информация о положении спутников передается только каждые 12,5 минут, приемнику требуется некоторое время прежде, чем он сможет рассчитать свое положение первый раз. Это называется «Холодный старт».

Горячий старт

Когда GPS-приемник включен в той же географической точке, где он был выключен, он знает, где должны находиться спутники, знает дату и время суток, так что современный 12-канальный приемник может вычислить положение очень быстро.

Теплый старт

Если GPS-приемник после выключения был передвинут в другую точку, расчет первой позиции после включения займет больше времени, чем при горячем старте, но меньше, чем при холодном.

Измерение скорости

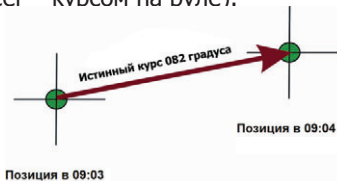
В самом GPS-сигнале нет информации о скорости движения приемника. В то же время, в памяти приемника содержится много данных, которые используются для получения полезной информации. Как только GPS-приемник определит свое положение, он может использовать данные о форме и размерах Земли для определения расстояния между любыми двумя точками так, что если он движется, то может определить расстояние между двумя позициями и, зная время за которое это расстояние пройдено, рассчитать скорость движения. Это скорость относительно земли (SOG, Speed Over Ground), которую не надо путать со скоростью относительно воды (STW, Speed Through the Water).

SOG – это не скорость лодки относительно воды

STW - это скорость движения лодки относительно воды и ее показывает специальный прибор. Ветер, волны и приливные течения - это причины того, что скорость относительно грунта отличается от скорости относительно воды.

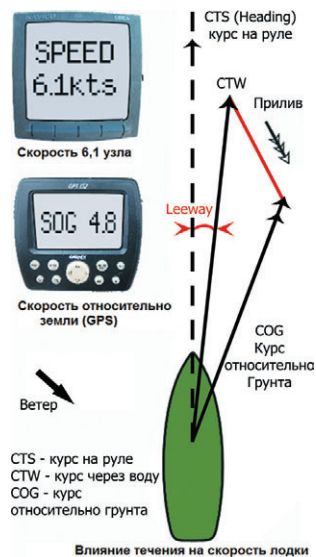
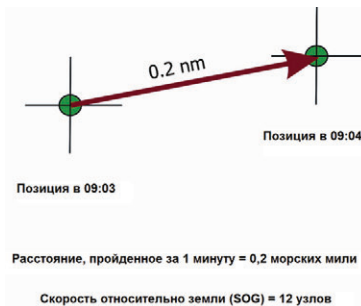
Определение курса

GPS-сигнал не содержит информации о направлении движения лодки. Поскольку GPS-приемник знает форму Земли, он может определить направление от одной позиции к другой. Этот курс относительно грунта (COG, Course Over Ground) означает именно это и может не совпадать с направлением движения лодки (ни с CTW, Course Through the Water – курсом относительно воды, ни с CTS, Course To Steer – курсом на руле).



Поскольку GPS-приемник знает форму Земли, он может определить пеленг от одной точки на другую. Поэтому он может вычислить курс относительно земли (COG)

Курс относительно земли



COG – это не направление движения

Курс на руле (heading) - это куда направлен нос лодки и куда лодка направлялась бы при отсутствии бокового смещения, вызванного ветром или течением. Ветер, волны и течения могут двигать лодку боком относительно земли и именно это перемещение показывает COG. Курс и COG могут совпадать только в тихую погоду, при отсутствии течения.



Влияние течения на магнитный курс

Определение курса

GPS не может определять курс яхты, а определяет только COG. Когда GPS-приемник движется, он может определить COG и он знает направление на истинный север. Позже в этой книге мы узнаем, что некоторые приборы, например, радар или электронный прокладчик, могут использовать магнитный курс для настройки дисплея, чтобы он показывал Север вверху. Хотя GPS может показывать курс яхты, здесь есть два недостатка: лодка должна быть в движении, и показания курса основаны на COG, не на реальном направлении носа лодки.

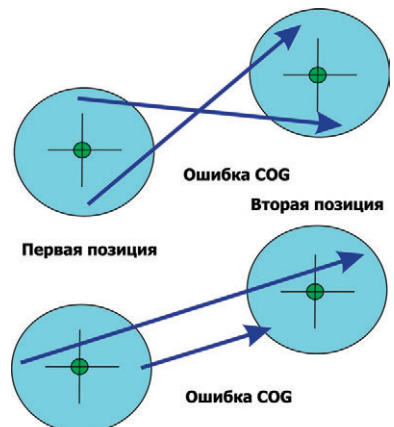


Когда GPS-приемник движется он может определить направление на истинный север

Ошибки вычисления COG и SOG

Любые случайные ошибки определения позиций, использованных для вычисления COG и SOG приведут к ошибкам вычисленной скорости и курса на экране GPS-приемника. Частота обновления GPS данных очень велика, но для уменьшения случайных ошибок, значения COG и SOG усредняются за 5 секундные интервалы по умолчанию, хотя пользователь может этот параметр изменять. Чем длиннее интервал усреднения, тем стабильнее показания прибора, но тем медленнее он реагирует на истинные изменения направления и скорости движения.

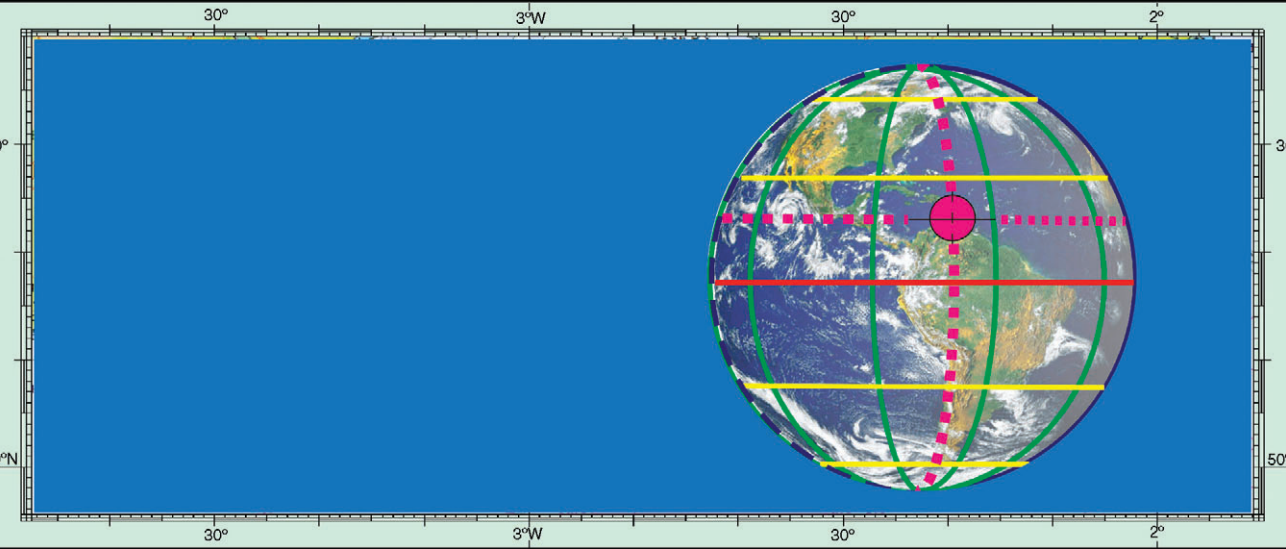
Если ошибка определения двух позиций – 15 метров, одной налево бортом, а другой – на правый, ошибка COG за 5 секунд, при скорости 6 узлов может быть более 45 градусов. При тех же условиях и при тех же ошибках, но в направлении движения лодки, показания SOG могут различаться на 6 узлов! Когда



Ошибки вычисления COG и SOG

Избирательный доступ выключен, в нормальной ситуации, случайные ошибки, скорее всего, будут очень малы и значения COG и SOG, чаще всего, стабильны и правильны. Чтобы оценить стабильность показаний прибора надо понаблюдать за COG и SOG на постоянной скорости и курсе при заводской установке периода усреднения показаний.

Если военные США включают Избирательный доступ, точность COG и SOG сильно упадет.



Наш адрес на поверхности Земли

Экватор

Широта

Гринвичский меридиан

Долгота

Наш адрес

Международная линия перемены дат

Определение широты и долготы

Расстояние и направление

Направления

Плоская Земля

Сферическая Земля и «датум карты»

Ошибки карт

Масштаб карты

Измерение широты и долготы

Условные обозначения на карте

Чтобы кого-нибудь найти, надо знать его адрес. Чтобы сделать это на планете Земля, географы наложили на поверхность Земли невидимую теоретическую сетку. Эта сетка параллелей и меридианов даёт возможность обозначить любую точку на поверхности Земли с любой желаемой точностью.

Экватор

Земля вращается вокруг оси, которая проходит через Северный и Южный полюсы. Любой круг проходящий через наибольшую окружность Земли, называется *большой* круг. Экватор – это большой круг, проходящий через ось вращения на равных расстояниях от полюсов.

Широта

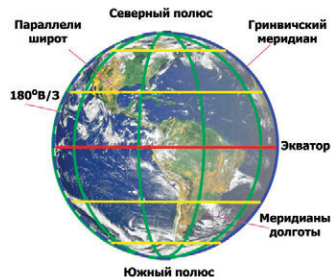
Широта определяется как угол в градусах между экватором, центром Земли и точкой на поверхности Земли. Если точка находится между экватором и Северным полюсом, широта называется северной, а если между экватором и Южным полюсом – то это южная широта. Через все точки с одинаковой широтой можно провести окружность, она называется малый круг, поскольку её длина меньше экватора и она параллельна экватору. На поверхности Земли бесконечное число точек с одинаковой широтой, поэтому одной широты мало, чтобы определить наш адрес.

Гринвичский меридиан

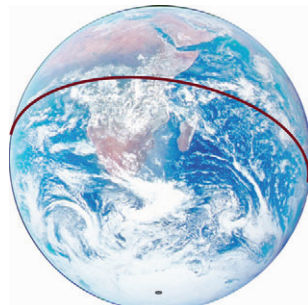
Одна из половин большого круга между Северным и Южным полюсами проходит через Гринвичскую обсерваторию в Лондоне, Англия, и называется Гринвичский меридиан. Это даёт точку отсчета, от которой можно получить вторую половину нашего адреса.

Долгота

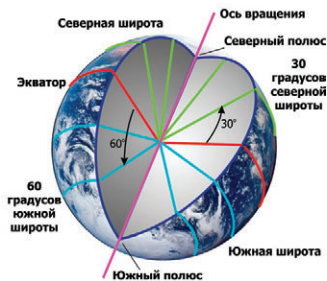
Угол в градусах между Гринвичским меридианом в точке, где он пересекает экватор, центром Земли и другой точкой на экваторе, называется *долготой*. Долгота называется западной, если это место на западе от Гринвичского меридиана, и долготу называют восточной, если это место



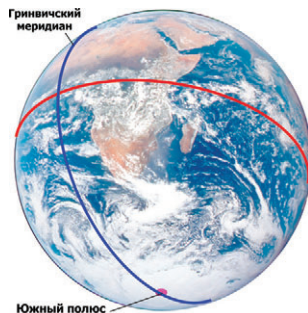
Широта и долгота



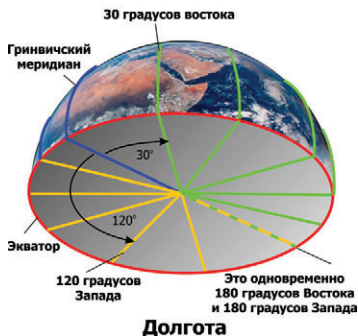
Экватор



Широта



Гринвичский меридиан



на востоке от Гринвичского меридиана. Все точки на поверхности Земли с одинаковой долготой расположены на большом круге, проходящем через оба полюса и называемом *меридиан*.

Наш адрес

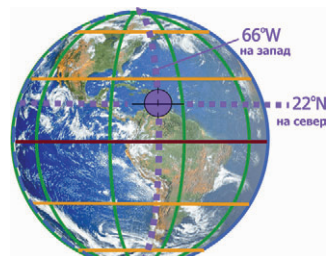
Комбинация широты и долготы точки дает уникальный адрес на поверхности Земли. Теперь мы можем всегда сказать, где мы находимся и можем найти адрес места, куда мы хотим отправиться.

Международная линия перемены дат

Поскольку Земля делает один оборот вокруг оси за день, дата возрастает на один день в полночь. Если путешествовать вокруг света быстрее, чем вращается Земля, это было бы путешествие во времени, так что нужен способ эту неопределенность предотвратить, что осуществляется с помощью так называемой Международной линии перемены дат. Когда вы пересекаете меридиан 180° , день меняется, прыгая на одни сутки вперед, если вы двигались на запад, или на одни сутки назад, если вы двигались на восток. На большей части длины, 180° меридиан и есть Международная линия перемены дат, но чтобы прыжок даты не происходил на суше, эта линия имеет отклонения к востоку и к западу, так, чтобы на всей территории любой страны было бы одно и то же число.

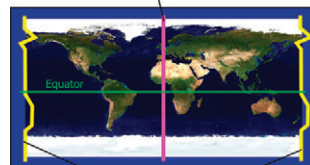
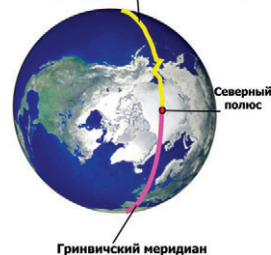
Определение широты и долготы

Один градус делится на 60 минут. Обычно 1 минута делится ещё на 60 секунд, но поскольку это неудобно при измерениях на карте, в навигации 1 минута делится на части по десятичной системе, так, что мы пишем (и говорим): градусы, минуты и десятые (или сотые, или тысячные) минуты.



Адрес - 22 градуса северной широты
066 градусов западной долготы
Наш адрес на поверхности Земли

Международная линия перемены дат



Международная линия перемены дат
Международная линия перемены дат

Например, 35 градусов, 43 минуты и 456 тысячных минуты записывают как $35^{\circ}43.456'$.

Таким образом координаты записывают так:

- широта 35 градусов 43.456 минут Севера
- долгота 026 градусов 12.765 минут Востока

Формат записи:

- широта $гг^{\circ}мм.mmm'$
- долгота $ггг^{\circ}мм.mmm'$

Максимальное число градусов в широте – 90 и максимальное число градусов в долготе – 180.

Расстояние и направление

Чтобы куда-то попасть, надо определить и расстояние, и направление до пункта назначения.

Расстояние

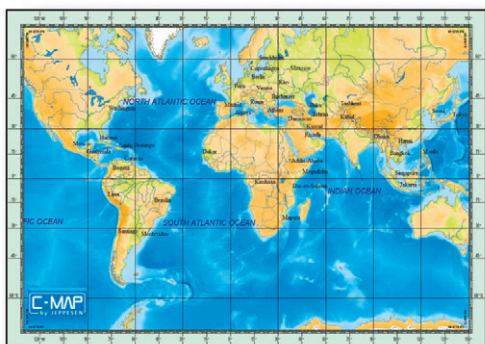
Большинство из нас привыкли использовать километры, но эти единицы не используются на море и в авиации. Проблема в том, что эти единицы измерения не имеют соотношения с геометрией Земли, поэтому пользователь должен иметь масштаб расстояния и использовать его всякий раз, когда он измеряет расстояние.

Морская миля

Морская миля прямо соотносится с геометрией Земли. Если представить себе две точки, находящиеся на одном меридиане и отстоящие друг от друга на один градус (60 минут) широты, то длина дуги (части меридиана) на поверхности Земли, соединяющей эти две точки, будет равна, по определению, 60 морским милям.

Таким образом,

- Одна морская миля на меркаторской карте эквивалентна 1 минуте широты.



Карта в меркаторской проекции

