

**ФАКУЛЬТЕТ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ ТАШКЕНТСКОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. Низамий**

ЦИКЛ ОБЩЕВОЙСКОВОЙ ПОДГОТОВКИ

**ОСОБЕННОСТИ ОРИЕНТИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS-ПРИЕМНИКОВ**
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Обсуждено на заседании предметно
методической комиссии факультета
ВО ТГПУ. Протокол № ____
от «__» _____ 20__ г.

Ташкент – 2019

Аманов Р.З., Эгамбердиев И.Й. и Усманов А.А. Особенности ориентирования на местности с использованием GPS-приемников / учебное пособие: цикл ОВП ФВО ТГПУ

Учебное пособие посвящено обобщению материала по спутниковым навигационным системам, развитию современных приборов позиционирования, а также способам практического применения GPS при решении задач ориентирования на местности. Содержание пособия включает вопросы дисциплины Военная топография для высших военных образовательных учреждений. В нем излагаются в расширенном объеме вопросы типовой программы по военной топографии для курсантов (студентов) ВВОУ применительно к практической деятельности командиров подразделений.

Учебное пособие предназначено для курсантов (студентов) ВВОУ, а также для офицеров изучающих Военную топографию в системе командирской подготовки.

ВВЕДЕНИЕ

Ориентирование на местности имеет важное значение в боевой деятельности. Оно необходимо при постановке боевых задач подразделениям, выдерживании направления движения, определении в бою достигнутых рубежей и местоположения целей, а также при целеуказании и управлении подразделениями и огнем. В современном бою даже временная потеря ориентировки приводит к нарушению управления и взаимодействия между подразделениями, ставит под угрозу своевременное выполнение боевой задачи. Ошибки в ориентировании, а следовательно, и в определении на местности достигнутых рубежей и положения целей могут резко снизить эффективность применения оружия и боевой техники. Поэтому умение быстро и безошибочно ориентироваться на незнакомой местности в условиях любой обстановки является важным элементом полевой выучки войск.

Во всех перечисленных и многих других сходных случаях возникает задача: определить точное местоположение того или иного объекта в пространстве и ориентироваться относительно тех или иных направлений. Решить эту задачу, очевидно, можно только в том случае, если имеется некоторая система отсчета. Иными словами, определить положение в пространстве «вообще» нельзя, а можно только по отношению к каким-либо определенным объектам. Если речь идет о наблюдателе, который находится на поверхности Земли, то такими объектами могут явиться те или иные точки или линии, неподвижно «закрепленные» на ее поверхности. Именно такую роль играет хорошо всем известная система земных *географических координат*.

Таким образом, для наблюдателя, расположенного на поверхности Земли, полная задача ориентирования заключается в определении направления «север — юг» и географических координат данной точки. Как известно, эта задача возникла перед людьми еще в отдаленном прошлом, когда у человека появилась необходимость заниматься торговлей и мореплаванием.

Если же говорить о современной нам эпохе, то ориентирование в пространстве является неотъемлемым звеном в таких важнейших областях человеческой деятельности, как морская и воздушная навигация, космонавтика, геодезия, строительство, метеорология, а особенно при подготовке войск и ведении боевых действий.

1. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Достижения в области геоспутниковых и геоинформационных технологий, а также возросшие возможности современной навигационной аппаратуры потребителей (НАП) спутниковых навигационных систем (СНС) позволили использовать спутниковую навигационную аппаратуру при решении задач координатно-временного и навигационного обеспечения.

В настоящее время в Российской Федерации развернута СНС «ГЛОНАСС» (Глобальная навигационная система), в США — GPS «NAVSTAR» (Global Positioning System «Navigation satellite time arrangement reckon» - Глобальная система позиционирования «Навигационные спутники расчета времени и местоположения», главными заказчиками которых являются министерства обороны Российской Федерации и США. Обе системы предназначены для глобального, всепогодного, пассивного и высокоточного навигационно-временного обеспечения практически всех военных потребителей. Они позволяют неограниченному числу потребителей определять в реальном масштабе времени свои координаты, скорость движения и точное время независимо от метеоусловий в любой точке поверхности Земли и околоземного пространства.

Спутниковые навигационные системы включают три функциональные части (сегменты) (рис. 1):

- космический сегмент, в который входит орбитальная группировка искусственных спутников Земли (ИСЗ) — навигационных космических аппаратов;
- сегмент управления — наземный комплекс контроля и управления орбитальной группировкой космических аппаратов;

- сегмент потребителей, который состоит из спутниковых навигационных приемников. GPS приёмник или GPS навигатор – это прибор, позволяющий определить ваше местоположение в любой точке: на суше, на море и в околоземном пространстве.

GPS (Global Positioning System) - глобальная система местоопределения (навигации). В 1957 году запуск в СССР первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) дал толчок к развитию навигации с использованием космических аппаратов. Не секрет, что в любом подобном действии американцы видели угрозу для своей страны. Была поставлена задача следить за советским ИСЗ. Сигнал со спутника принимали на наземном пункте с известными координатами. Появился интерес к обратной задаче: расчет координат приемника на основе принятых со спутника сигналов.

В 1964 году директор лаборатории прикладной физики университета Джона Гопкинса профессор Кершнер создал спутниковую радионавигационную систему первого поколения Transit для военных целей. Ее целью было обеспечение навигации баллистических ракет Поларис, запускаемых с подводных лодок. Но данная система могла обеспечить точное определение координат лишь для стационарных или медленно движущихся объектов. Благодаря изобретенным в 60-х годах высокоточным атомным часам появилась возможность использовать для навигации несколько синхронизированных передатчиков, пересылающих закодированные сигналы. Чтобы рассчитать координаты приемника, необходимо было лишь измерить соответствующие временные задержки сигналов. ВМС США успешно продолжали работать над реализацией этого принципа и осуществили запуск нескольких спутников. В то время ВВС США разрабатывали идею использования для целей навигации широкополосных модулированных псевдослучайными шумовыми кодами (PRN - Pseudo Random Number code) сигналов с использованием одной несущей частоты. А в 1973 году ВМС и ВВС

США объединились в общую Навигационную технологическую программу. Как следствие, появилась программа Navstar GPS.

1.1 Navstar GPS

Оборонные силы США нуждались в системе, способной определить координаты любой точки земного шара в режиме реального времени. Для этого была создана глобальная спутниковая система навигации под названием Navstar (Navigation system with timing and ranging - Навигационная система с определением времени и дальности). Встречается еще один вариант расшифровки слова Navstar - Navigation satellite timing and ranging, то есть навигационный спутник для определения времени и дальности. Когда Navstar стала использоваться и для гражданских целей, появился термин GPS, о котором было сказано выше. Таким образом возникла аббревиатура Navstar GPS. Несмотря на некоторую кажущуюся путаницу в описанной терминологии, должно быть ясно одно: речь идет о единой глобальной спутниковой навигационной системе. Эта система имеет неоспоримое преимущество перед наземными средствами навигации. Она работает в любую погоду и позволяет определить не только координаты объекта, но и вектор скорости.

1.2 Четыре поколения GPS-спутников

Существуют четыре поколения спутников системы Navstar GPS: Block I, Block II/IIA, Block IIR, Block IIF. Спутники типа Block I использовались на первом этапе программы Navstar для общей оценки работы системы и накопления практического опыта. Первый спутник, относящийся к поколению Block II, был запущен 14 февраля 1989 года. Спутник SVN 14 под кодовым именем Cupid был запущен с базы ВВС США ракетой носителем Delta II. SVN 14 является самым старым из работающих на орбите спутников. После этого было запущено еще 27 космических аппаратов поколений Block II и Block IIA, 25 из которых являются действующими. Спутники этого поколения в настоящее время основу системы. Космические аппараты типа Block IIR имеют улучшенные характеристики и способны определять

свое собственное местоположение в космосе на основе межспутниковой дальнометрии с других Block IIIR спутников. Это поколение GPS спутников признано заместить спутники Block II и Block IIА. 7 октября 1999 года с мыса Канаверал (база ВВС США) с помощью ракеты носителя Delta II был запущен третий GPS спутник поколения Block IIIR. Целью миссии стала замена старого 15-го спутника, довольно сильно к этому времени износившегося. Запущенный спутник под номером 46 должен проработать 10 лет. Спутники четвертого поколения Block IIIF отличаются большим сроком службы (запланированное время работы - 15 лет) и увеличенным местом для полезной нагрузки. Эти космические аппараты будут основой системы Navstar GPS в будущем.

1.3 О спутниках

Первый спутник для работы GPS был запущен в феврале 1978 года. Сегодня система включает в себя 28 спутников. Для покрытия земного шара необходимо только 24 спутника, остальные выступают в качестве запасных. Спутники распределены по шести орбитам на высоте около 20 000 км (по четыре спутника на каждой орбите) и имеют наклон 55° по отношению к экватору. Они движутся со скоростью около 3 км/с (два оборота вокруг Земли менее чем за сутки). Такая конфигурация системы позволяет принимать сигнал сразу от нескольких спутников практически в любом месте Земли (за исключением некоторых приполярных областей). Вес каждого спутника около тонны, а размер с раскрытыми солнечными батареями - около 5 м. Мощность передатчика порядка 50 Вт. Каждый спутник рассчитан на работу в течение десяти лет. Новые спутники запускаются на орбиту по мере необходимости, например в случае выхода из строя или необходимости провести профилактические работы. Первоначально функционирование системы запланировано до 2006 года.

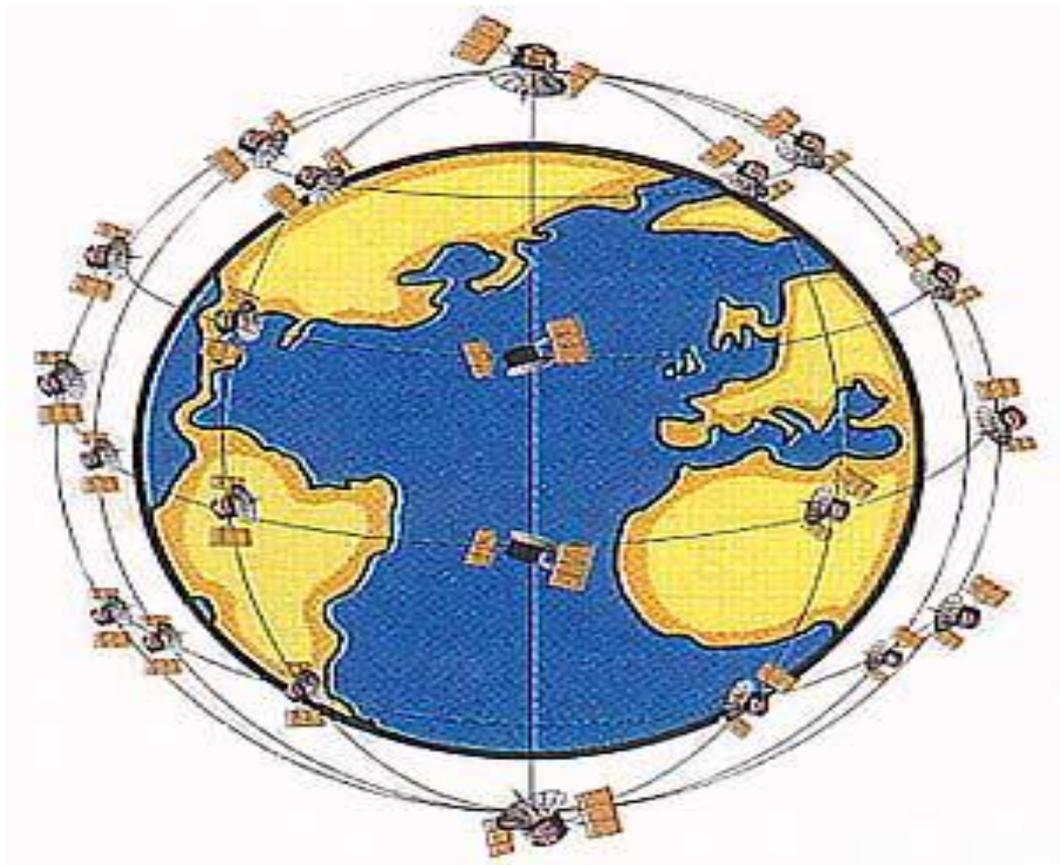


Рис.1. Благодаря этим спутникам функционирует GPS

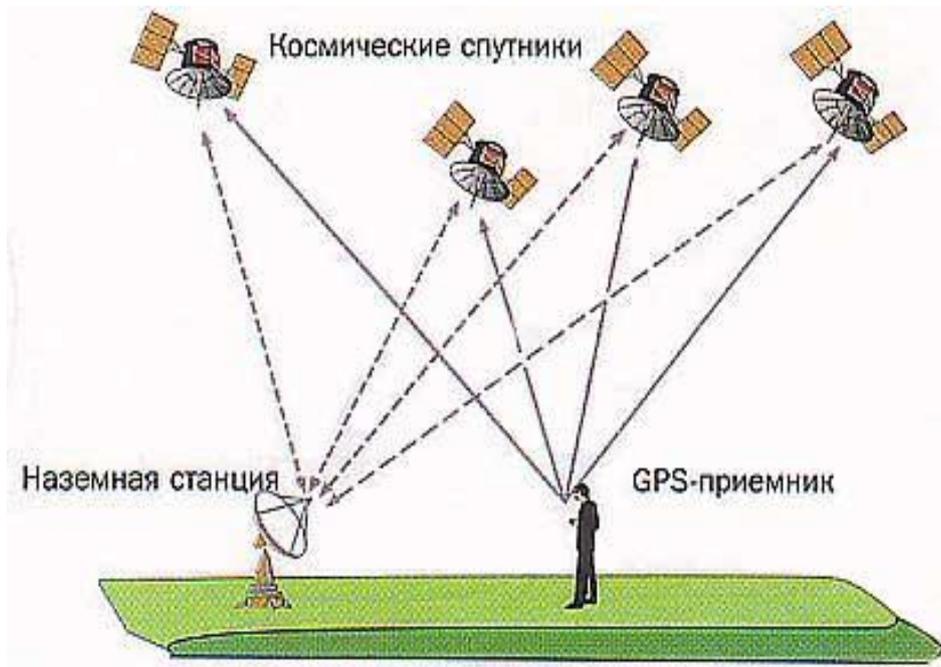


Рис.2. Упрощенная схема функционирования GPS

1.4 Задача трилатерации

Итак, задачей трилатерации (триангуляции) является вычисление координат объекта путем измерения его удаленности от точек с заданными координатами. В нашем случае объектом является GPS-приемник, а точками с заданными координатами - три спутника системы GPS. Впрочем, обо всем по порядку.

Каким образом становятся известны координаты спутников? Министерство Обороны США имеет четыре станции слежения, три станции связи и центр управления для контроля орбит и координат спутников. Станции слежения непрерывно отслеживают спутники и передают данные в центр управления. В центре управления вычисляются уточненные элементы орбит и коэффициенты поправок спутниковых часов. Эти данные составляют так называемый альманах, который передается по каналам станций связи на спутники.



Рис.3.



Рис.4.



Рис.5.

Для определения местоположения GPS приемник сравнивает время отправки сигнала со спутника со временем его получения на Земле. Эта разница во времени говорит приемнику о расстоянии до конкретного спутника. Если добавить к этому информацию о расстоянии, измеренном до нескольких других спутников, то можно триангулировать свое местоположение. Имея сигналы от (минимум) трех спутников, можно определить широту и долготу – это называется двумерной фиксацией. Если же спутников четыре или более, то GPS приемник может определить положение в 3-х мерном пространстве, т.е. указать широту, долготу и высоту над уровнем моря. Постоянно отслеживая ваше местоположение в течение некоторого времени, приемник также может рассчитать скорость и направление Вашего движения. Одним из важнейших преимуществ GPS перед существовавшими ранее наземными системами является всепогодность. Независимо от того, для каких целей Вы используете навигацию, GPS приемник готов показать Ваше местоположение – и именно тогда, когда вам это надо.

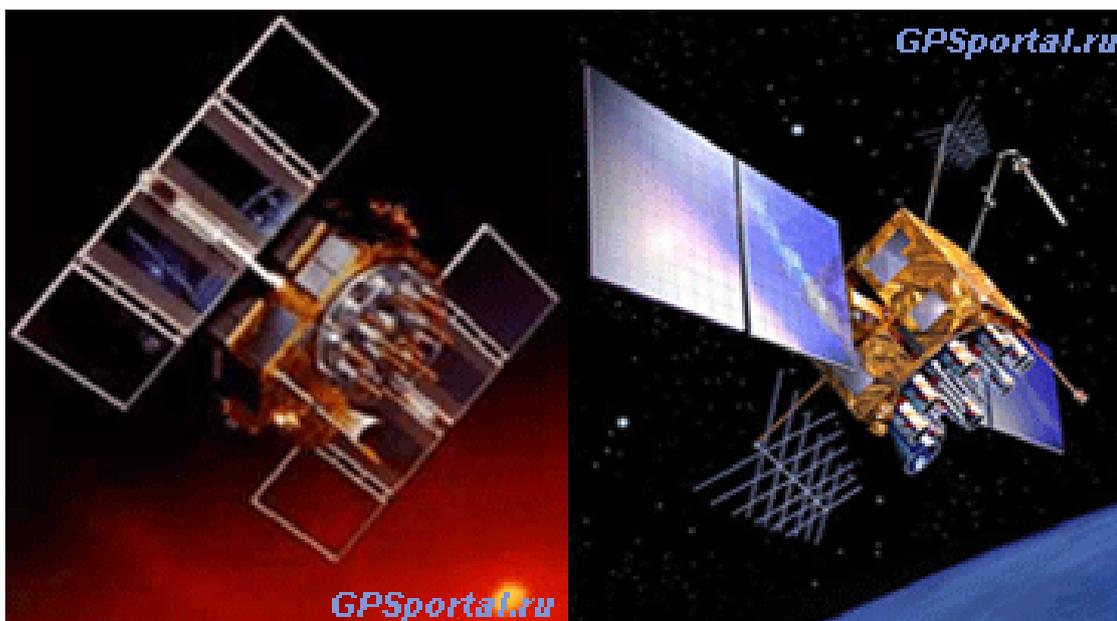


Рис.6.

В состав бортовой аппаратуры искусственных спутников входят; навигационный передатчик, хронизатор (часы), управляющий комплекс, система ориентации, стабилизации и т. п.

Сегмент управления включает сеть наземных командных, контрольных, измерительных пунктов и центров управления и синхронизации, которые осуществляют эфемеридное и частотно-временное обеспечение спутников, мониторинг радионавигационного поля, радиотелеметрический мониторинг, командное и программное радиоуправление навигационными космическими аппаратами.

Наземный сегмент определяет параметры движения спутником и прогнозирует значения этих параметров на заранее определенный промежуток времени по результатам траекторных измерений дальности до спутника и его радиальной скорости.

Сегмент потребителей является самым многочисленным из всех сегментов СНС. Он включает множество различной по назначению и по модификации навигационной аппаратуры потребителей. Спутниковые

навигационные системы являются беззапросными, поэтому количество потребителей систем не имеет ограничений.

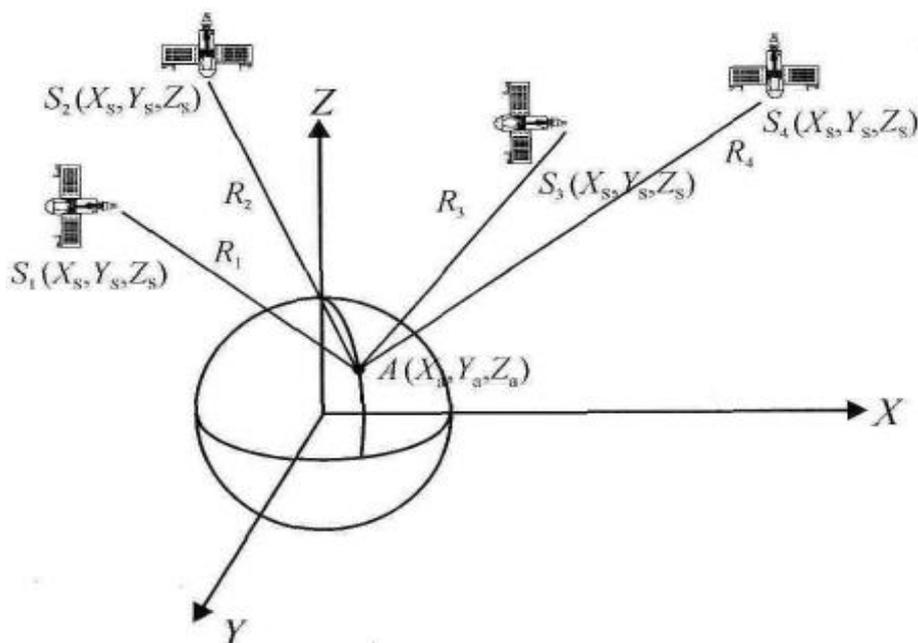
Навигационная аппаратура потребителей предназначена для решения задач наземной навигации, определения координат неподвижных и подвижных объектов, определения точного времени и развития геодезических сетей. Решение этих задач выполняется специализированной ЭВМ, встроенной в аппаратуру потребителя, с выдачей результата на дисплей. Достоинством отечественных изделий является возможность использования обеих СНС, что позволяет повысить точность и надежность при решении задач навигации.

В зависимости от характера решаемых задач применяются абсолютный и дифференциальный (относительный) методы местоопределения объектов (последний используется в геодезических целях и в данном случае не рассматривается). В абсолютном методе координаты объекта вычисляют путем решения линейной засечки от всех видимых ИСЗ (рис. 89). Рассмотрим более подробно этот метод.

Каждый спутник излучает на Землю сигнал, в котором содержится информация о самом спутнике и о текущем времени. Спутниковый навигационный приемник, используя встроенную таблицу орбит спутников, обрабатывая полученную по сигналам навигационной космической аппаратуры (НКА) эфемеридную информацию (код НКА и ее координаты, метка времени, альманах и поправочные коэффициенты), сравнивает метку времени ИСЗ с меткой времени, вырабатываемой самим приемником.

Рис. 7. Определение координат объекта линейной засечкой от ИСЗ

По интервалу времени прохождения сигнала от НКА до навигационной аппаратуры потребителей вычисляется дальность до каждого из наблюдаемых спутников. Спутниковая навигационная аппаратура потребителей, выполняя



многократные измерения (несколько сотен фиксаций) до находящихся в зоне ее видимости ИСЗ (4—9), реализует указанные зависимости с помощью встроенной в нее специализированной

ЭВМ, оптимизирующей результаты измерений и решение линейной засечки с определением координат объекта А (X_a, Y_a, Z_a).

В ходе измерений возможны погрешности синхронизации часов, атмосферная задержка, искусственное зашумление, отражение сигнала и другие, поэтому точность определения своего местоположения с помощью навигационной аппаратуры потребителей непостоянна. Прежде всего, она зависит от количества видимых спутников и их взаимного расположения на небе. Ошибка определения координат подвижных объектов обычно не превышает 100 м.

В процессе расчета приемник определяет расстояние до спутника, поэтому в связи с доплеровским эффектом первоначальный расчет местоположения объекта, находящегося в движении, занимает значительное время, однако все последующие определения выполняются в течение 1—2 мин.

Для определения местоположения объекта навигационному приемнику необходимо использовать данные как минимум четырех спутников. Количество спутников, которое может одновременно определить конкретный навигационный приемник, зависит от обзорности неба и ряда других факторов. На работу аппаратуры потребителей оказывают также существенное влияние окружающая среда и обстановка. Так, под кронами деревьев, возле высоких сооружений, в закрытой местности, в горах и на территории городской застройки прием сигналов

существенно затруднен, кроме того, в подобных условиях показания аппаратуры могут иметь существенные, никак не обнаруживаемые погрешности.

Типичные задачи спутниковой навигационной аппаратуры следующие: запомнить текущую позицию, показать направление и расстояние на ранее определенные точки маршрута, запомнить пройденный маршрут, вывести значения долготы, широты и времени в различных форматах. Существует возможность экспорта текущих координат (маршрутов) в различные компьютерные приложения.

Перейдем непосредственно к задаче определения координат. Предположим, что расстояние A (рис.3) до одного спутника известно. Тогда мы можем описать вокруг него сферу заданного радиуса. Но координаты объекта (GPS-приемника) определить невозможно, так как известно лишь то, что он находится где-то на поверхности описанной сферы. Если известно расстояние B и до второго спутника, то объект находится на окружности, образованной пересечением двух сфер (рис.4).

Третий спутник позволяет определить две точки на окружности (рис. 5).

Теперь нам остается выбрать правильную точку. Одна точка может быть отброшена, так как находится внутри Земли или высоко над ней. Таким образом, получив данные от трех спутников, можно узнать координаты объекта. Также окончательную точку можно выбрать, сверив с данными от четвертого спутника. Но не все так просто, как кажется на первый взгляд. Приведенные рассуждения актуальны для случая, когда расстояния до спутников известны с абсолютной точностью. Как же определяются эти расстояния и что является источником вносимой погрешности?

Задачей дальнометрии является определение расстояние до объекта по временной задержке распространения радиосигнала от него. Используется всем известная со школьной скамьи формула $x = V * t$ (расстояние равно скорости, умноженной на время). Каждый спутник передает радиосигналы с заданной частотой. Для гражданских целей используется частота $F1 = 1575.42$ МГц. Для военных целей - частота $F2 = 1227.60$ МГц. Передаваемый сигнал модулируется

псевдослучайным кодом (PRN). Существует грубый код - C/A-код (Coarse Acquisition code), используемый в гражданских приемниках, и точный P-код (Precision code), используемый в военных целях и иногда для нужд геодезии и картографии. На спутнике и в приемнике одновременно генерируется одинаковый PRN. Получив сигнал, GPS-приемник определяет временную задержку и, умножая эту цифру на скорость света (скорость распространения радиоволн), вычисляет расстояние до спутника.

Чтобы расстояние было вычислено точно, необходима идеальная синхронизация часов на спутнике и в приемнике, что достигается за счет применения атомных часов, находящихся на борту спутника. Естественно, что устанавливать такие часы в каждый GPS-приемник невозможно. Поэтому для получения точных координат применяют некоторую избыточность в данных. Например, для определения координат используют данные от четырех или более спутников. Получив сигналы от нескольких спутников, приемник ищет точку пересечения соответствующих окружностей и, если такую точку не находит, то компьютер в приемнике начинает корректировать время методом последовательных итераций до тех пор, пока не сведет все измерения к одной точке. Таким образом, чем больше спутников, тем точнее измерение. Стандартные гражданские GPS-приемники могут принимать сигналы от двенадцати спутников одновременно. При этом спутники выведены на орбиту таким образом, чтобы по крайней мере четыре из них приемник "видел".

Кроме навигационных сигналов спутники передают на приемник служебную информацию. Мы уже упомянули об альманахе, содержащем данные об орбитах и координатах спутника. Существует понятие эфимериса - данные, содержащие важную информацию о рабочем состоянии спутника, текущей дате и времени.

Одним из факторов, влияющим на точность данных, полученных GPS-приемником, является геометрия спутников: их расположение относительно друг друга. Если приемник получает данные от спутников, которые расположены только в каком-либо одном направлении, например западном, то триангуляция будет

плохой и погрешность в определении координат высокой - порядка 100 м. Если же спутники расположены в разных направлениях, то геометрия будет хорошей и точность оптимальной.

Другим источником ошибок является блокировка спутникового сигнала различными объектами и его переотражение.



Рис.8 Примеры блокировки и переотражения сигналов

Переотраженному сигналу требуется больше времени для достижения приемника. Приемнику "кажется", что спутник находится на большем расстоянии, чем на самом деле. Из-за большой скорости распространения радиоволн, которая равна скорости света, вносимая ошибка невелика - всего она составляет около 5 м.

Источником погрешности могут служить неблагоприятные атмосферные условия, вызывающие задержку в прохождении сигнала. Проходя через ионосферу и тропосферу, скорость распространения сигнала уменьшается (скорость света константна только в вакууме). Ошибки в ходе атомных часов могут быть также источниками погрешностей.

1.5 Атомные часы

Ошибка в синхронизации часов на спутнике и в приемнике может привести к большой погрешности. Расхождение даже в одну миллионную секунды дает погрешность в 300 м при определении расстояния. Высокая точность достигается за счет применения атомных часов, находящихся на борту спутника. В своей книге *The Navstar Global Positioning System* Том Логдон объясняет: "В спутниках системы Block II находятся четыре экземпляра атомных часов высочайшей точности: два цезиевых и два рубидиевых. Эти часы настолько точны и стабильны, что их погрешность составляет около одной секунды за 160 000 лет.

1.6 Дифференциальная коррекция

Дифференциальная коррекция - это метод, который значительно увеличивает точность собираемых GPS-приемником данных. Используя такой метод, можно определить местоположение буквально до сантиметров. В этом случае один приемник расположен в точке с известными координатами (базовая станция), а второй приемник собирает данные в точке с неизвестными координатами (ваш передвижной приемник). Так как координаты базовой станции известны, то она может вычислить ошибки, содержащиеся в спутниковом сигнале. То есть базовая станция может уточнить координаты спутников и передать скорректированные данные вашему подвижному приемнику. Уточненные данные называются дифференциальными коррекциями и используются для точного определения месторасположения.

Как дифференциальные коррекции передаются с базовой станции на ваш приемник? Посредством радиосвязи. Например, в США скорректированный сигнал передается береговой охраной через морские радиобуи, работающие на частоте 283.5 - 325 KHz. Пользоваться этим сервисом может каждый, кто имеет специальный DGPS-приемник. Он подключается к вашему GPS-терминалу и принимает скорректированный сигнал. Под Санкт-Петербургом в феврале 1998 года

была установлена первая базовая станция DGPS. Она передает дифференциальную поправку на частоте 298.5 КHz. Выходная мощность передатчика 100 Вт. Это позволяет принимать дифференциальные коррекции на расстоянии до 300 км на море или 150 км на суше. Опять же вам необходимо иметь специальный DGPS-терминал, подключаемый к GPS-приемнику.

1.7 Российский GPS

В России испытания новой Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) начались в 1982 году. Предполагалось использование такого же числа спутников и на такой же высоте орбит, что и в американской Navstar. Была заявлена точность 10 метров по каждой из координат и 0.05 м/с по каждой компоненте скорости. Спутники ГЛОНАСС, весящие по 1400 кг, доставлялись на орбиту 4-ступенчатыми носителями Протон по три штуки за запуск. К 1990 году было запущено 48 спутников, но 16 из них отказывались передавать навигационные сигналы. Как ни странно, лишь в 1991 году выяснилось, что эти спутники вообще не содержали навигационную аппаратуру, а использовались лишь для отработки вывода на орбиту. К лету 2001 года из рабочих осталось только шесть спутников. Жаль, что столько металла запущено в космос впустую.

В то время как американский президент в виде первомайских подарков делает данные GPS открытыми всему человечеству, в России знание своих координат с точностью до 100 м является государственной тайной. Со всеми вытекающими отсюда последствиями. Таким образом, задача приобретения гражданского GPS-приемника высокой точности осложняется. Купить GPS-приемник можно только у фирм с соответствующими лицензиями. Немало времени займет получение официального разрешения на эксплуатацию в региональном Управлении Госсвязьнадзора. Конечно, можно приобрести заветный приборчик и на рынке, но его эксплуатация может повлечь за собой взыскание административных штрафов или куда более серьезные последствия: вас могут обвинить в сборе сведений, содержащих государственную тайну.

2.GPS на практике и в перспективе

Рассмотрим более подробно навигационную аппаратуру потребителей Российского производства («Бриз-Н», «Грот» и др.), разработанную для применения в Сухопутных войсках. Данные образцы навигационной аппаратуры (рис. 90) предназначены для решения следующих задач:

- автоматической непрерывной выработки двух (В, L) или трех (В, L, Н) координат и вектора путевой скорости движения объекта;
- определения текущих координат в системе координат 1942 г., а также в системе координат 1990 г. или WGS-84 (World Geodetic System);
- определения азимута и расстояния до любой точки маршрута.

Технические характеристики:

- среднее квадратическое отклонение координат не превышает 30 м, вектора скорости — 0,15 м/с;
- автоматический выбор СНС с учетом их технического состояния;
- ввод координат до 30 маршрутных точек.

Основные режимы работы:

1. Ввод маршрутных данных и планирование маршрутов.
2. Непрерывное определение координат.
3. Режим навигации:

- текущая скорость, направление и информация о движении объекта;

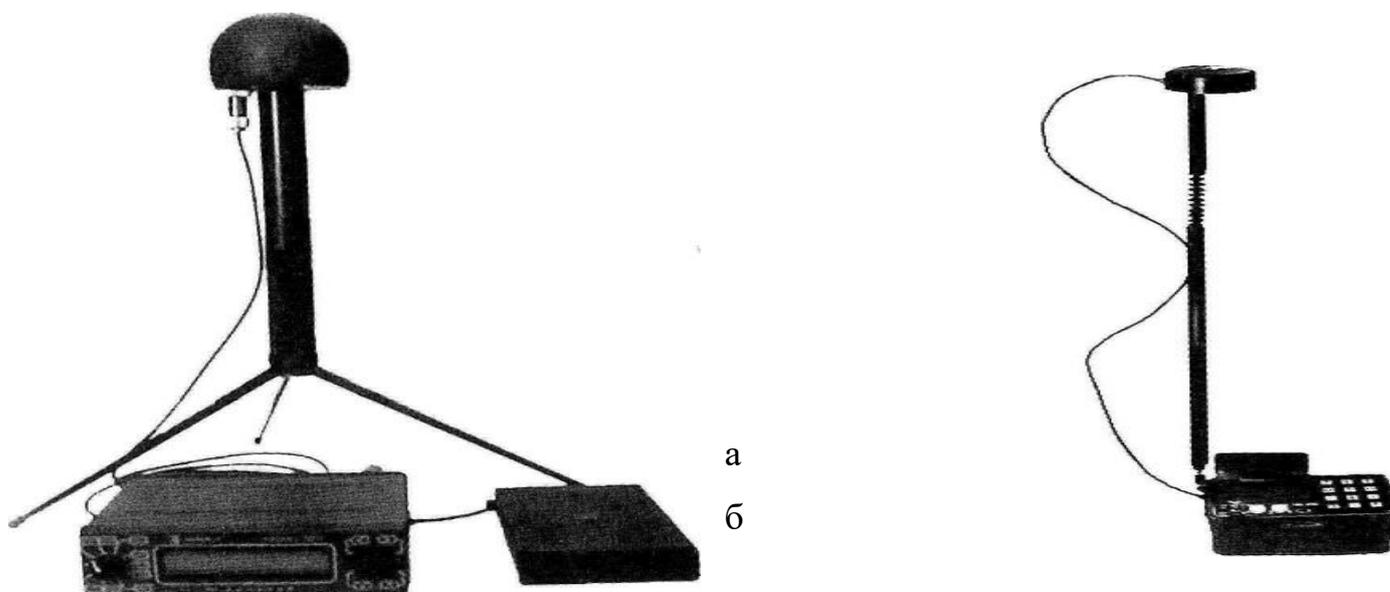


Рис. 9. Спутниковая навигационная аппаратура:

а — «Бриз-Н»; б — «Грот»

- отслеживание маршрута (номер маршрута и его текущего отрезка, курс, расстояние на следующую точку и до конца маршрута).

Состав навигационной аппаратуры:

- приемоиндикатор для обработки и выдачи результатов обработки информации НКА на дисплей и внешним потребителям;
- сетевой адаптер для преобразования переменного напряжения сети в постоянное и заряда аккумуляторных батарей;
- блок антенный для приема сигналов НКА, их усиления и фильтрации.

Данная аппаратура удовлетворяет по точности требованиям основной категории потребителей и позволяет надежно определять местоположение передвигающихся объектов.

Потенциальные возможности геоинформационных систем военного назначения (ГИС ВН) и мобильной связи со спутниковыми навигационными приемниками позволяют обеспечить: точное определение координат местоположения объекта в реальном масштабе времени; двухстороннюю связь между пунктом управления и мобильными объектами; визуализацию передвижения объектов; внесение изменений (корректировку) маршрутов и т. п.

Постоянно возрастающие требования войск к точности фиксации объектов, оперативности и скрытности навигационных определений повлекли за собой создание автоматизированных навигационных систем (АНС), а также систем контроля и слежения за передвижением мобильных объектов. Эти системы обеспечивают геопозиционирование и визуализацию местоположения объектов на электронных картах. Их структура представляет собой совокупность автоматизированных источников данных обстановки, пунктов сбора обработки данных, средств приема, передачи и отображения информации.

В состав данных систем входят автоматизированный диспетчерский центр, расположенный на пункте управления, и комплекс технических средств, оборудованных на мобильном объекте, — навигационно-информационный комплекс.

Состав диспетчерского центра включает:

- автоматизированное рабочее место для отображения положения мобильных объектов, их параметров движения и анализа полученной информации;
- эталонный локатор, осуществляющий дифференциальную коррекцию НАП для достижения необходимой точности геопозиционирования;
- сетевой приемопередатчик, объединяющий в радиосети транспортные средства и диспетчерский центр и обеспечивающий возможность использования канала спутниковой связи или мобильных ретрансляторов;
- контроллер связи, обеспечивающий двухстороннюю оптимальную передачу данных.

Источниками первичных данных о передвижении объектов являются навигационно-информационные комплексы, в состав которых входят:

1. Спутниковая навигационная аппаратура, обеспечивающая:

- выбор оптимального созвездия спутников для наблюдений;
- периодическое или непрерывное определение координат места, времени и вектора абсолютной путевой скорости объекта по радиосигналам НКА;
- индикацию навигационных параметров и выдачу их потребителю;
- решение сервисных задач.

2. Бортовая ПЭВМ с математическим, программным обеспечением и электронными картами на маршрут движения, сопряженная с навигационной аппаратурой и радиостанцией транспортного средства.

3. Сетевой приемопередатчик, имеющий те же функции, что и передатчик в диспетчерском центре управления.

В режиме дистанционного доступа навигационная информация о мобильных объектах по каналам связи передается на диспетчерский центр, где средствами ГИС-технологий отображается их реальное положение на электронной карте, что позволяет оперативно воздействовать на мобильные объекты.

В автономном режиме управления мобильным объектом поступающая навигационная информация постоянно отображается на электронной карте.

Изменение местоположения мобильного объекта приводит к изменению положения его условного знака на электронной карте, что позволяет визуализировать маршрут движения объекта в реальном масштабе времени.

Для отображения перемещающихся объектов на электронной карте используются системы «Навигатор», «Треффик» и другие, разработанные с ГИС «Интеграция».

Спутниковая навигационная аппаратура значительно упрощает и существенно сокращает время на подготовку карты и решения других задач, а также позволяет оперативно и с более высокой точностью решать навигационные задачи. Вместе с тем работа современной аппаратуры потребителя в заселенной местности, на территории городской застройки, вблизи линии электропередачи и в ряде других случаях затруднена, а ее показания могут иметь существенные погрешности, что необходимо учитывать при ориентировании на местности.

Использование наземной навигационной аппаратуры при ориентировании на местности позволяет: уверенно ориентироваться при движении в сложных условиях на незнакомой местности днем и ночью; знать в любой момент местоположение подразделений по марше и их боевые порядки в наступательном и оборонительном боях; наносить на карту границы зон заражения, затопления, колонные пути; оперативно производить топогеодезическую привязку огневых позиций артиллерии; определять координаты наблюдаемых целей и наносить их на карту.

Сфера применения GPS огромна. Кроме перечисленных выше возможностей GPS также используется для навигации судов в туманную погоду, отслеживания транспортировки ценных грузов, точной посадки самолетов, поиска затонувших кораблей и отслеживания опасных айсбергов. Интересна идея использования GPS в качестве источника точного времени при проведении разного рода научных экспериментов. Нельзя недооценить важность GPS и для спасательных служб.

GPS полезна для управления автомобильными системами навигации. Имея в автомобиле соответствующее оборудование, вы можете путешествовать по незнакомой местности. Введите координаты назначения, и система сама подскажет,

где вам необходимо совершить поворот. GPS-оборудование, установленное на инкассаторской машине, позволит следить за ней на всем пути ее следования. Автосигнализацией на основе GPS сегодня никого не удивишь - она стала доступна многим по относительно невысокой цене. Угнанный автомобиль всегда будет "на прицеле" у диспетчерской службы.

Биологи могут регистрировать ареалы расселения диких животных, маршруты их миграций, численность популяций. Агрономы могут использовать GPS для правильного распределения удобрений и сбора данных о типах почв. В городском хозяйстве GPS может применяться для контроля транспортных потоков, для съемки информации о расположении канализационных или газовых трубопроводов. Такая информация позволит аварийным службам оперативно решить проблемы при аварийной ситуации.

Археологи и историки могут использовать GPS для поиска и регистрации раскопок исторических мест. Например, в 1984 году бизнесмен из Оклахомы Рон Фрейтс применил GPS для поиска древних поселений майя, затерявшихся в зарослях джунглей Гватемалы и Белиза. Он использовал фотографии спутника Ландсат и навигационные данные GPS. Фрейтс сообщил: "За пять дней мы смогли нанести на карту всю территорию поселений майя на полуострове Юкатан. Чтобы обойти эту местность пешком, экспедиции потребовалось бы не менее ста лет".

Как видим, перспективы у GPS огромны. Несомненно, GPS станет стандартным оборудованием многих автомобилей. Внедрят в эксплуатацию эту спутниковую систему и все службы спасения, безопасности и техпомощи. GPS будет прекрасным подспорьем в городском и сельском хозяйстве. Уже сейчас цена неплохого GPS-приемника для многих стала приемлемой.

2.1 Избирательный доступ (S/A) и шифрование кодовых данных Anti Spoofing (A/S)

В период становления Navstar GPS Министерство Обороны США приняло решение о закрытии доступа к высокоточным навигационным данным гражданским пользователям. В начале 80-х годов Рональд Рейган заявил, что GPS будет доступна каждому, но наибольшая точность будет оставлена для военных. Был создан алгоритм Избирательного доступа (Selective Availability или S/A) и шифрования P-кода (Anti-Spoofing или A/S). Избирательный доступ позволял искусственно вносить погрешность в координаты.

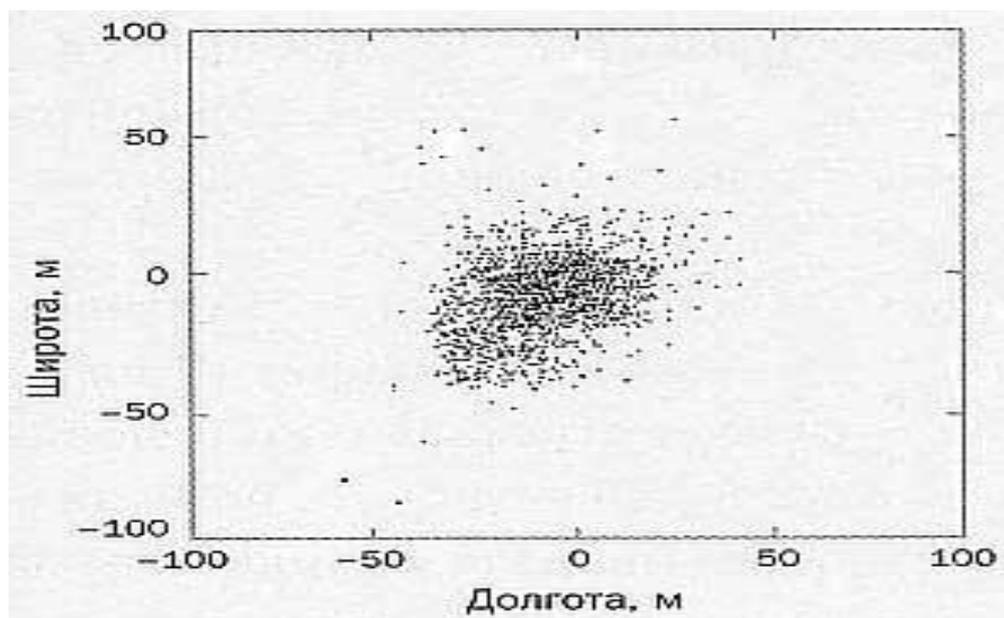


Рис.10. Разброс в определении координат при включенном S/A

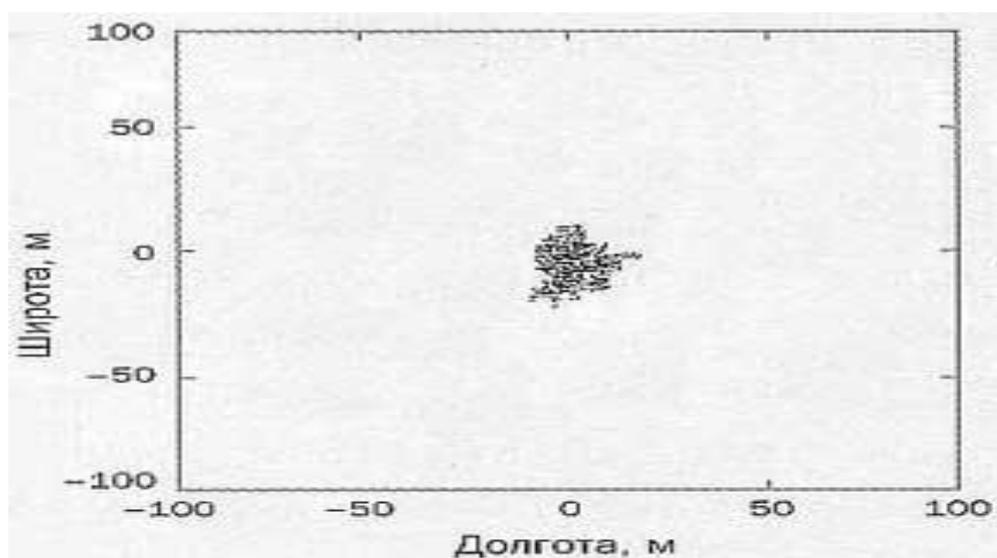


Рис.11. Уменьшение разброса координат после отключения S/A

Осуществлялось это двумя способами. Во-первых, искусственные ошибки вносились в навигационные данные, передаваемые со спутника. Во-вторых, намеренно искажали точность спутниковых часов. Все это приводило к ошибке в определении координат порядка 100 метров.

Но постепенно сектор гражданского пользователя GPS возрастал, и погрешность в 100 м не удовлетворяла многих. В примере с рыбаком такая погрешность все равно бы не позволила найти ему заветное рыбное место. Есть куда более ответственные ситуации, в которых такая погрешность оказывается роковой.

Возможно, военные также поняли, что нет особого смысла закрывать доступ к высокоточным навигационным данным, так как "высококвалифицированный злоумышленник" способен и так найти этот доступ. Как бы то ни было, 1 мая 2000 года Билл Клинтон сделал подарок всему народу. В своей речи президент США заявил следующее: "Сегодня я рад объявить, что начиная с полуночи США прекращает программу преднамеренного ухудшения точности гражданских сигналов системы GPS, так называемый "избирательный доступ"... Гражданские пользователи GPS получают возможность определять свои координаты в десять раз точнее чем они делали это раньше".

Но военные приберегли еще один метод, о котором говорилось выше, - шифрование P-кода (A/S). Зашифрованный P-код называется Y-кодом. Закрытие доступа к P-коду не позволяет двухчастотному приемнику, работающему с таким кодом, определить ионосферную задержку (задержка сигнала при прохождении через верхние слои атмосферы) в реальном времени, и решение задачи определения координат становится более грубым.

3. Приемник GPS «ГЛОНАСС»

В зависимости от области применения, диапазон которой довольно широк, а также от стоимости, которая может колебаться от сотен до нескольких тысяч долларов, исполнение *GPS-приемников* также весьма разнообразно. В целом весь спектр моделей можно разделить на четыре большие группы: - Портативные GPS приемники индивидуального применения.



Рис.12

Эти модели отличаются малыми габаритами и широким набором сервисных функций, от возможности формирования и расчета маршрута следования, до функции приема и передачи электронной почты. - Автомобильные GPS приемники, которые предназначены для установки в любом наземном транспортном средстве и имеют возможность подключения внешней приемо-передающей аппаратуры для автоматической передачи параметров движения на диспетчерские пункты. - Морские GPS приемники, оснащенные ультразвуковым эхолотом, а также дополнительными сменными картриджами с картографической и гидрографической информацией для конкретных береговых районов. - Авиационные GPS приемники, используемые для пилотирования летательных аппаратов, включая коммерческую авиацию.



Рис.13

Надо отметить, что приемники GPS и «ГЛОНАСС» существенно различаются по их технической реализации. Первые используют более широкую полосу частот, чем GPS-устройства. В системе GPS применяется кодовое разделение каналов, благодаря чему все спутники излучают C/A-коды на общей несущей частоте 1575,42 МГц (L1). Частотное разделение каналов в «ГЛОНАСС» (табл.1) обуславливает излучение сигналов на разных несущих в диапазоне 1598,0625—1615,5 МГц (L1). Отсюда — в этих системах задействуются разные аппаратура формирования и алгоритмы обработки фазовых измерений.

Таблица 1.

Энергетика навигационного канала «ГЛОНАСС» при угле места 5°

Показатель	Диапазон частот МГц	
	1600 (L1)	1250 (L2)
Мощность бортового передатчика, дБВт	+15±1	+9±1
Коэффициент усиления приемной антенны, дБ	-6	-6
Потери в свободном пространстве (R=24 000 км), дБ	-184	-182
Мощность принимаемого сигнала, дБВт	-157±1	-162±1
Спектральная плотность шума, дБ Вт/Гц	-206	-206
Отношение сигнал/шум, дБГц	+(43...40)±1	+(38...35)±1

Принцип действия комбинированного GPS/«ГЛОНАСС»-приемника поясним на примере АСН-22, разработанного Российским институтом радионавигации и времени (Санкт-Петербург) совместно с компанией DASA NFS (Германия). Он состоит из антенны с малощумящим усилителем (МШУ), ВЧ-блока, устройства обработки сигналов и общего навигационного процессора (рис. 9). Приемник может работать в трех режимах, выбираемых по внешней команде: только GPS, только «ГЛОНАСС» и GPS/«ГЛОНАСС».

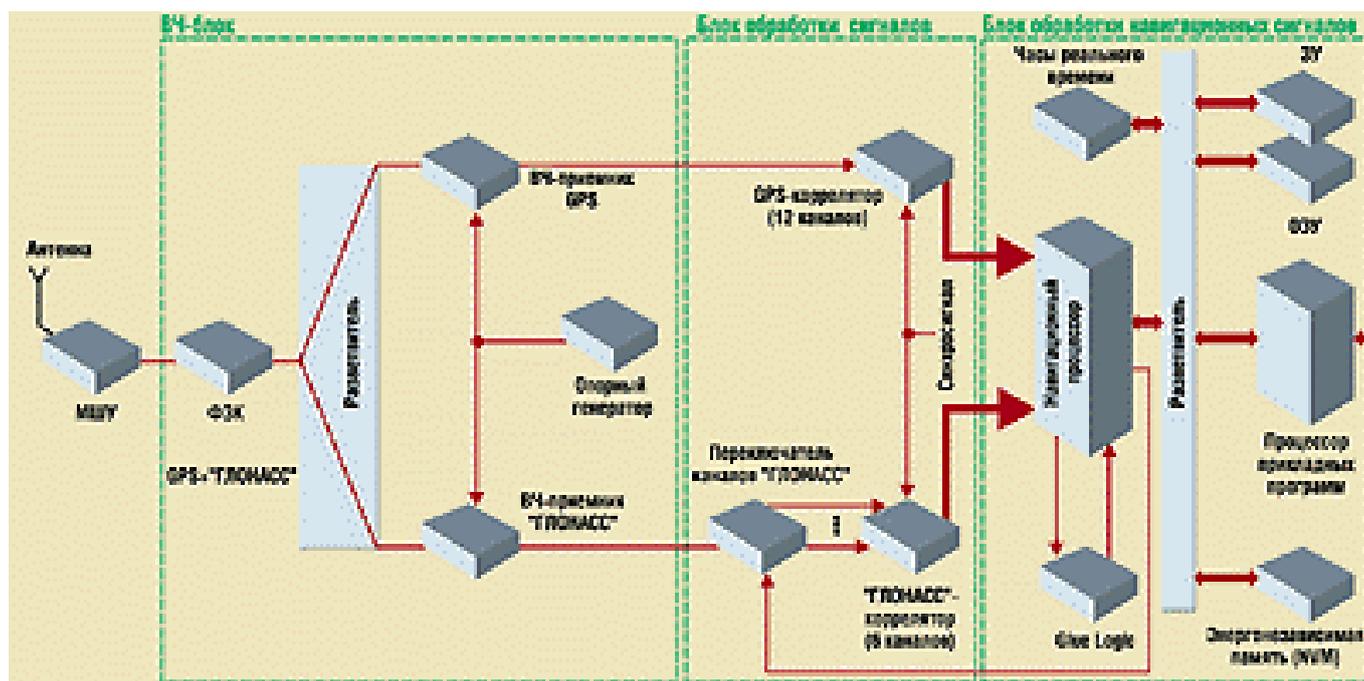


Рис.14 . Структурная схема GPS/ «ГЛОНАСС» - приемника

На входе устройства установлен фильтр зеркального канала, который распределяет сигнал по двум каналам для отдельных ВЧ-приемников GPS и «ГЛОНАСС». С выхода АЦП навигационные сигналы поступают на два коррелятора, 12-канальный GPS (напрямую) и 6-канальный «ГЛОНАСС» (через блок переключения каналов), которые работают с общей синхронизацией. Многоканальный приемник АСН-22 позволяет отслеживать C/A-код и фазу несущей L1 по всем каналам GPS и «ГЛОНАСС».

На основании измерений и принятых сообщений навигационный процессор вычисляет координаты, вектор скорости и точное время, обеспечивающее

«привязку» шкалы времени потребителя к шкале Госэталона координированного всемирного времени UTC (SU). Время первоначального определения зависит от числа каналов приемника и производительности навигационного процессора. Для АСН-22 оно составляет менее 90 с (при достоверных начальных данных). Последующие координатно-временные определения выполняются с заданной периодичностью — обычно через 1 с и более. Восстановление слежения осуществляется за 3—5 с.

Результаты вычислений могут выводиться вместе с электронной картой на встроенный дисплей, на экран портативного ПК или передаваться в диспетчерский пункт по радиоканалам спутниковых и наземных систем связи для отслеживания местонахождения пользователя.

Услуги глобальной спутниковой навигации используются все более активно. В ближайшее время объем продаж GPS-приемников может достичь 2 млрд долл. Основные причины — не только возможность определения своих координат, но и то, что платить за навигационные услуги не надо. Требуется лишь купить навигационный приемник и антенну, причем за рубежом потребительские спутниковые GPS-устройства стоят от 100 долл. (профессиональные стоят обычно в несколько раз больше).

Что же касается комбинированных GPS/«ГЛОНАСС»-приемников, то, несмотря на все перечисленные преимущества, они еще не получили широкого распространения. Массовый рынок, как известно, очень чувствителен к стоимости, а за такие устройства приходится выкладывать, по сведениям автора, от 2 тыс. до 40 тыс. долл. Что будет завтра, зависит от технологических решений. Радикальных изменений следует ожидать только после появления дешевых портативных GPS/«ГЛОНАСС» - приемников с малым энергопотреблением.

3.1 Навигационные тупики

По мере того как космическая навигация входит в повседневную жизнь, все острее встает вопрос об использовании гражданскими потребителями

навигационной аппаратуры на территории России. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17.06.96 г., для ввоза в нашу страну, продажи и приобретения такого оборудования требуется специальное разрешение. Конечно, можно было бы обойтись устройствами, которые выпускают отечественные компании, однако по закону РФ «О государственной тайне» координаты объектов, определенные с точностью до 100 м, подлежат засекречиванию. Это означает, что применять отечественные приемники «ГЛОНАСС» и GPS/«ГЛОНАСС» тоже нельзя — обеспечиваемая ими точность существенно меньше 100 м. И выхода из тупика пока не видно.

Другая, не менее важная, проблема связана с электронной картографией. Хотя сегодня один лист электронной карты стоит от 200 до 1000 долл. (в зависимости от числа слоев), они доступны широкому кругу зарубежных потребителей. Конечно, любая страна должна защищать свою территорию, но не путем преднамеренного искажения картографической информации. В наших картах данные искажены, а мелкомасштабные точные карты труднодоступны. В таких несекретных картах защищены только слои, содержащие сведения о военных и других жизненно важных объектах. Отсутствие высокоточных электронных карт отечественных территорий является существенным сдерживающим фактором развития многих отраслей.

3.2 Оборудование

Навигационное оборудование чаще всего используется в системах слежения за местоположением транспортных средств, в которые входят мобильные объекты, пункты слежения за транспортом, диспетчерские пункты, УКВ-сети, сети сотовой и спутниковой связи (рис. 10). В настоящее время зарубежная и отечественная промышленность предлагает вполне достаточную номенклатуру GPS/«ГЛОНАСС»-приемников, различающихся числом каналов приема, скоростью обновления данных, временем вычислений, точностью определения координат и, конечно, стоимостью. С точки зрения конструктивного исполнения имеются устройства двух типов: автономные (с собственными источниками питания и средствами

отображения) и в виде отдельных плат, встраиваемых в аппаратуру потребителя или ПК. Наиболее дешевый вариант — плата, которую можно совмещать с другими средствами связи (УКВ-радиостанцией, спутниковым терминалом и т.п.).

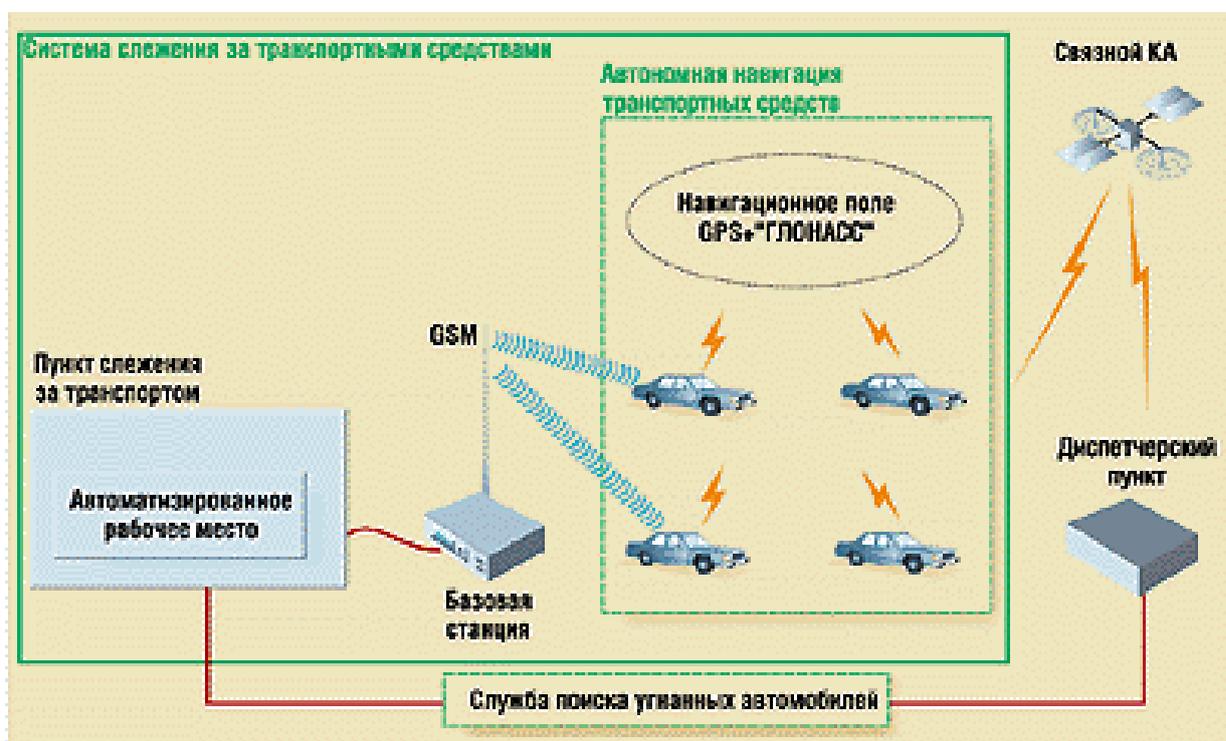


Рис.15. Мониторинг подвижных объектов

За рубежом комбинированные GPS/«ГЛОНАСС»-приемники выпускает ряд компаний, среди которых — 3S Navigation, Ashtech, JPS, Sokkia, Spectra Precision (США), Leica (Швейцария) и др. В России массовое производство пока не налажено, но разработку таких приемников уже завершили РНИИ КП, КБ «НАВИС» (Москва), Российский институт радионавигации и времени, ЗАО «Котлин», фирма «Софт Нав» (Санкт-Петербург) и Ижевский радиозавод.

Одной из первых на российский рынок пришла компания 3G Navigation. Она является единственной западной фирмой, выпускающей «ГЛОНАСС»-приемники (L1, L2), которые используются для ионосферного зондирования и приема сигналов точного времени. Ее первое устройство R-100 было разработано в 1992 г., а впоследствии 3G Navigation создала ряд приемников (серии R-100/30 T и R-100/40T), обеспечивающих прием GPS/«ГЛОНАСС»-сигналов (табл. 2), дешифровку C/A- и P-кодов «ГЛОНАСС» и C/A-кода GPS. В состав комплекта

поставки входят антенна с предусилителем и встраиваемые в ПК платы (от двух до шести, в зависимости от модификации). Стоимость плат «ГЛОНАСС» — 1500 долл. (один канал, С/А- или Р-код), плат GPS/«ГЛОНАСС» — 4000 долл. (12 каналов, С/А-код).

Таблица 2.

Основные характеристики навигационных приемников компании 3G Navigation

Показатель	R-100/30	R-100/30T	R-100/40	R-100/40T
Тип приемника	«ГЛОНАСС»	GPS/«ГЛОНАСС»	«ГЛОНАСС»	GPS/«ГЛОНАСС»
Число каналов	2	2 «ГЛОНАСС», 12 GPS/«ГЛОНАСС»	4 «ГЛОНАСС» (С/А-код), 4 «ГЛОНАСС» (С/А-кода нет)	4 «ГЛОНАСС», 12 GPS/«ГЛОНАСС»
Число плат, вставляемых в РС	2	4	4	6
Стоимость комплекта, долл.	28 900	32 900	30 900	38 900

Все приемники 3G Navigation могут работать в дифференциальном режиме, обеспечивая субметровую точность. Это означает, что когда приемник попадает в зону действия опорной станции, он может принимать поправки для спутников GPS и «ГЛОНАСС» в виде стандартных сообщений RTCM-SC-104 (версия 2.2), передаваемых опорными радиостанциями указанных систем в широкоэмиттерном режиме.

Компания Ashtech разработала два типа комбинированных приемников: GG12 и GG24 (12 и 24 канала соответственно). Каждый из них выполнен в виде автономной платы, вставляемой в аппаратуру потребителей. Стоимость GG24 достаточно высока — около 6000 долл. Основные характеристики этой платы приведены в табл. 3.

Таблица 3. Точностные показатели приемника GG24 (Ashtech)

Режим работы	GPS < /STRONG>	ГЛОН АСС	GPS/«ГЛОНА СС»
Точность измерения географических координат в режиме реального времени, м			
Автономный:			
СЕР (вероятность 50%)	25	8	7
2dRMS (вероятность 95%)	100	20	16
Дифференциальный:			
СЕР (вероятность 50%)	0,5	1, 0	0,19
2dRMS (вероятность 95%)	1	3	0,55

Точность измерения скорости, м/с			
Автономный:			
среднее значение точности	1	0, 03	0,15
за 95% времени измерений	4	0, 05	0,3
Дифференциальный:			
среднее значение точности	0,05	0, 2	0,04
за 95% времени измерений	0,1	0, 05	0,1

Производство комбинированных навигационных приемников Legacy, Odyssey и Regency (табл. 4), имеющих встроенные помехоустойчивые радиомодемы для приема дифференциальных поправок, наладила фирма JPS. Высокая помехоустойчивость достигается за счет использования сигналов с псевдослучайной перестройкой частоты и расширенным спектром. Выходная мощность радиомодема — 1 Вт, радиус действия — 1 км. Предусмотрена возможность подключения внешнего усилителя мощностью 35 Вт, при этом дальное действие приемника увеличивается до 15 км.

Таблица 4.

Характеристики GPS/«ГЛОНАСС»-приемников компании JPS

Показатель	Odyssey	Regen су	Legacy
Число рабочих каналов	40 L1 или 20 L1+L2 для GPS/«ГЛОНАСС»		
Время первого	60 («холодный старт»), 10 («теплый старт»)		

определения координат, с			
Размеры, см	22,5 Dx8,4 Н	37,1 Dx9,4 Н	22,5x20,5x3,5
Масса, кг	1,5	2,7	0,7
Стоимость, долл.	9000 (L1), 14 500 (L1+L2)	16 500 (L1+L2)	6500 (L1), 10 000 (L1+L2)
Примечания: D — диаметр, Н — продольный размер.			

Российский НИИ космического приборостроения (РНИИ КП) разработал несколько профессиональных навигационных устройств, работающих в комбинированном режиме.

Комплекс «Штурман» определяет текущие координаты и вектор путевой скорости и рассчитывает курс в заданную точку, обеспечивая сигнализацию об отклонении от маршрута. В состав комплекса входит 24-канальный GPS/«ГЛОНАСС»-приемник, антенный модуль и пульт управления. Пульт предназначен для ввода и отображения информации, в том числе исходных параметров задач судовождения. Точность определения географических координат составляет — 15 м, точность определения скорости — 2-3 см/с.

В другой разработке РНИИ КП, «След», тоже используется приемник GPS/«ГЛОНАСС». Он позволяет следить за подвижными объектами с точностью до 30 м. Оборудование «След» в режиме реального времени контролирует прохождение маршрута, остановки транспорта и хранит эти данные в памяти.

В состав системы входит УКВ-передатчик с радиусом действия до 35 км.

Аппаратура «Грот» предназначена для решения геодезических задач. Она обеспечивает навигационные определения по сигналам стандартной и высокой точности «ГЛОНАСС», по сигналу C/A-кода GPS, а кроме того, их совместную обработку. Навигационные параметры отображаются на табло в одной из систем координат (СК-42, ПЗ-90, WGS-84). При работе в комбинированном режиме «Грот» автоматически выбирает оптимальное созвездие спутников GPS и «ГЛОНАСС» для

достижения нужной точности. Точность определения текущих координат составляет 10 м, скорости — 0,05/0,07 м/с (на стоянке/в движении). Масса прибора равна 2,5 кг, габаритные размеры — 190x200x75 мм.

Малогобаритные приемоизмерители сигналов КС-161 и КС-182 являются совместными разработками ЗАО «Котлин» (Санкт-Петербург) и компании Samsung. КС-161 предназначен для непрерывного определения местоположения, скорости движения объекта и текущего времени по сигналам систем GPS и «ГЛОНАСС». Приемник обеспечивает до 16 каналов обработки (между системами «ГЛОНАСС» и GPS они распределяются произвольно). Точность вычислений географических координат — 15 м (1—3 м в дифференциальном режиме), высоты — 25 м, скорости — 0,1 м/с, времени — 1 мкс. Время первого определения составляет не более 120 с. Условия эксплуатации: температура — от -400 до +750 С, влажность — до 85%, потребляемая мощность — не более 1,2 Вт (в экономичном режиме, т.е. при минимальном числе каналов слежения, — 0,8 Вт). Плата приемоиндикатора имеет размеры 55x135x20 мм и массу 150 г. В комплект поставки может входить активная антенна с магнитным или механическим креплением, которая позволяет использовать устройство в зонах WAAS и EGNOS.

Другой приемоизмерительный модуль, К-182, предназначен для установки на космических объектах (ракетоносителях, разгонных блоках, космических аппаратах). Он имеет 18 каналов обработки. Точность определения местоположения, скорости и времени — стандартная для систем GPS и «ГЛОНАСС». Масса модуля — 320 г., габаритные размеры — 136x232x26 мм.

Плата БНП-12/8М Ижевского радиозавода осуществляет автоматический поиск, прием и обработку навигационных сигналов на частотах L1 в GPS (12 каналов) и «ГЛОНАСС» (8 каналов). Она обеспечивает устойчивую работу как без известного альманаха («холодный старт»), так и в режиме приема дифференциальных поправок. Время начального определения составляет 90 с при «холодном старте», 30 с — при «теплом». Частота обновления информации — от 0,1 до 1,0 Гц, точность измерения местоположения — до 30 м, а скорости — 0,15 м/с. Габаритные размеры

— 180x120x20.

Геодезическую аппаратуру выпускают КБ «НАВИС» и компания «Котлин». Приемник СН-3601 («НАВИС») предназначен для высокоточного определения навигационных параметров при геодезической съемке, создании и развитии геодезических сетей, собирающих сведения для государственного земельного кадастра и т.п. Он дает возможность непрерывного автоматического выбора спутников созвездия «ГЛОНАСС» (L1) и GPS (L1) с учётом их технического состояния. Число параллельных каналов приема — 14, точность определения координат в автономном режиме составляет 10—12 м, в дифференциальном режиме — 1—2 м. Время начального определения при «холодном старте» — 180 с, при «горячем» — 90 с. Интервал обновления координат — не более 1 с.

Кроме того, СН-3601 способен «абсолютно точно» определять местоположение и накапливать результаты измерений, сделанных в течение четырех часов (емкость накопителя 20 Мбайт). Данные передаются на ПК по цифровому интерфейсу RS232C (протоколы BINR или RINEX). Электропитание прибора осуществляется от источников питания 9—30 В, потребляемая мощность равна 7 Вт. Масса комплекта, включающего антенну, приемоиндикатор, аккумулятор и антенный кабель, не превышает 4,5 кг.

В ЗАО «Котлин» подготовлены к серийному производству два двухчастотных GPS/«ГЛОНАСС»-устройства, предназначенных для проведения топографо-геодезических работ («Землемер Л1М» и «Геодезист»). Более мощный приемник «Геодезист» рассчитан на работу с 18 каналами для «ГЛОНАСС» (L1, L2) и 24 каналами для GPS (L1, L2). Он обеспечивает устойчивый прием сигналов как в неблагоприятных погодных условиях, так и при малых углах радиовидимости. В состав этого приемника входят выносная клавиатура и ЖК-дисплей (8 строк по 40 символов), позволяющие работать в полевых условиях. Сантиметровый уровень точности навигационных определений достигается за счет использования высокоэффективных алгоритмов разрешения многозначности фазовых отсчетов.

Точность определения длины базовой линии составляет 5 мм при измерениях на частотах L1/L2 и 10 мм – на L1.

Создание портативных навигационных приборов ведет к такому же перевороту в сознании людей, который некогда был связан с появлением карманных часов. Развитие отрасли идет очень быстро. Думается, что вскоре современные «электронные компасы» прочно войдут в нашу жизнь.

Точность определения координат GPS/«ГЛОНАСС»-приемниками (вероятность 95% отношение сигнал/шум равно 34 дБ).

GPS: Режим SA включен: 93 м — горизонтальные координаты, 124 м — вертикальная; Режим SA выключен: 21 м — горизонтальные координаты, 29 м — вертикальная.

«ГЛОНАСС»: 27 м — горизонтальные координаты, 36 м — вертикальная
GPS (режим SA включен) + «ГЛОНАСС»: 21 м — горизонтальные координаты, 28 м — вертикальная.

4. Развитие навигационных систем в зарубежных странах.

Американская система глобального позиционирования GPS сейчас является явным монополистом в области предоставления навигационных данных. Однако скоро этой монополии придёт конец. Дело не только в том, что спутники системы GPS стремительно устаревают (некоторые из них было запущены ещё до появления первого поколения плееров iPod) и поэтому нуждаются в серьёзных усовершенствованиях. Основная причина, по которой система GPS не устраивает другие государства, - это то, что права на систему принадлежат Соединённым Штатам, которые могут управлять ей, исходя из собственных геополитических интересов, или даже попросту отключить её, если возникнет такая необходимость. Такое положение дел никак не может устраивать крупные государства, поэтому в настоящий момент сразу в нескольких странах ведутся работы по созданию

собственных независимых спутниковых навигационных систем. В этом обзоре мы расскажем вам о том, как на текущий момент обстоят дела с национальными навигационными сетями Европы, Китая, России и Индии, а также о том, в каком состоянии на текущий момент находится американская система GPS.

Европейская навигационная система Galileo

Проект навигационной сети Galileo возник в 1999 году как плод совместных усилий всех европейских государств. США сразу же выступили против создания Galileo, так как опасались потери контроля над навигационными спутниками в зонах военных конфликтов. Давление со стороны Штатов привело к совершенно противоположному результату: многие страны решили выйти из-под зависимости от контролируемой Америкой сети GPS. Таким образом, проект Galileo за достаточно короткий срок получил все необходимые на реализацию средства. Полная стоимость проекта составляет 3 миллиарда долларов, в его финансировании помимо европейских государств участвует ещё и Китай.

Проект навигационной сети Galileo изначально ориентирован на гражданское использование и должен поддерживать большое количество разнообразных сервисов. Реализация проекта подразумевает два варианта его использования: открытый, т.е. бесплатный вариант OS (open service), будет транслировать сигнал по двум полосам частот (1164–1214 МГц и 1563–1591 МГц), что, в случае одновременного их использования, обеспечит точность навигации с погрешностью до 4-х метров. А в варианте CS (commercial service, или коммерческое использование), система будет транслировать сигнал ещё и по третьей, дополнительной полосе частот 1260–1300 МГц. При использовании трёхполосного сигнала и наземных трансляционных станций точность позиционирования достигнет значения погрешности менее 10 см.

Общее количество спутников системы Galileo: 30.

Проектная дата завершения работ: 2011 год.

Текущее состояние: первый спутник был запущен в декабре 2005 года, а первый сигнал системы Galileo был получен в январе 2006.

Навигационная система Китая Beidou

Изначально китайская навигационная система планировалась исключительно для военных нужд, однако китайское правительство вскоре изменило свою позицию, объявив, что сеть Beidou будет также работать и для гражданского населения, причём совершенно бесплатно. Это заявление спровоцировало небольшой конфликт с европейским сообществом, которое планировало продавать услуги собственной сети Galileo и ресиверы для приёма её сигнала китайцам. Однако возможно, что для Galileo ещё не всё потеряно: неизвестно, сможет ли сеть Beidou обеспечить такую же точность позиционирования, как Galileo.

Общее количество спутников системы Beidou: 35.

Проектная дата завершения работ: покрытие Китая и частей сопредельных государств - к 2008 году, в дальнейшем - глобальное покрытие.

Текущее состояние: 4 спутника на орбите.

Российская навигационная система GLONASS

История российской навигационной сети Glonass уходит корнями в период холодной войны. Проект долго откладывался и переносился в связи с нестабильностью обстановки в Советском Союзе, а позже в России. В разные периоды в рамках проекта Glonass с Россией сотрудничали Индия и (возможно) Китай. С 1992 года Россия вывела на околоземную орбиту 44 спутника, правда, некоторые из них уже не работают. "Гражданский" сигнал навигационной сети Glonass будет обеспечивать навигацию со 100-метровой погрешностью, "военный" - с погрешностью в 15 метров. По заявлениям создателей, "военный" сигнал Glonass заработает уже в этом году.

Общее количество спутников системы Glonass: 24.

Проектная дата завершения работ: 2011 год.

Текущее состояние: 16 спутников на орбите (5 из них отключены), ещё 12 планируются к запуску в ближайшие два года.

Навигационная система Индии IRNSS

Индийская региональная навигационная спутниковая система (Indian Regional Navigation Satellite System), сокращённо IRNSS, только недавно была окончательно принята к реализации правительством Индии. Бюджет проекта составил более 300 миллионов долларов. IRNSS будет обеспечивать только региональное покрытие самой Индии и частей сопредельных государств.

Общее количество спутников системы IRNSS: 7.

Проектная дата завершения работ: 2011 год.

Текущее состояние: первый спутник будет запущен в 2008 году.

Навигационная система США Navstar (GPS)

Система Navstar (GPS) сейчас является единственной в мире действующей глобальной спутниковой системой. Её услуги предоставляются бесплатно для любого жителя планеты. Самый первый спутник был запущен в 1978 году, а на полную мощность система заработала в 1995-м. Сейчас многие спутники Navstar устарели и нуждаются в замене, да и основные технические параметры сети также необходимо модернизировать. Проект усовершенствования системы GPS был принят в 2000 году. Новые спутники с маркировкой GPS III дадут возможность США отключать общедоступную навигацию в определённых районах земного шара, не затрагивая при этом военный сигнал, предназначенный для американской армии. Кроме этого, мощность сигнала новых спутников значительно возрастет, так что заглушить сигналы системы будет крайне сложно. После того как число выведенных на орбиту спутников GPS III достигнет 30-32, система будет способна обеспечить стабильный и мощный общедоступный сигнал по двум полосам частот. Погрешность позиционирования при этом не будет превышать одного метра.

Общее количество спутников системы Navstar (GPS): 24+.

Проектная дата завершения работ: 2011 год.

Текущее состояние: система полностью функциональна, идёт процесс модернизации.

5. Терминология спутниковой навигации

almanac — совокупность основных параметров всех КА «ГЛОНАСС».

Включает в себя время t_0 , к которому он относится, параметры орбит спутниковых КА, номера пар несущих частот L1/L2, данные о работоспособности спутников, поправки к бортовой шкале времени.

cold start — «холодный старт». Состояние приемника после включения питания, в котором осуществляется поиск навигационных сигналов при априорно неизвестных данных об эфемеридах спутников и альманахе системе. В режиме «холодного старта» у приемника (в том числе у элементов памяти) полностью отключено питание.

composite receiver — комбинированный приемник. Многоканальный приемник, обеспечивающий прием сигналов одновременно от нескольких навигационных систем (GPS, «ГЛОНАСС», EGNOS, WAAS).

EGNOS (European Geostationary Overlay System) — Европейская геостационарная навигационная система.

GG (GPS/Glonass) receiver — GPS/«ГЛОНАСС»-приемник.

G-GIWG (GPS-Glonass Interoperability Working Group) — рабочая группа по обеспечению взаимодействия систем GPS и «ГЛОНАСС», учрежденная Институтом навигации ION (Institute of Navigation) в 1996 г.

hot start — «горячий старт». Состояние навигационного приемника, возникающее, когда его питание было в течение некоторого времени отключено, а затем включено. При этом данные об эфемеридах, альманахе и времени сохраняются, что позволяет резко сократить время первого определения местоположения.

IGEX (International GLONASS Experiment) — международный эксперимент с системой «ГЛОНАСС». Совместный проект Международной ассоциации геодезии (IAG), Института навигации США (ION) и ряда других зарубежных и российских организаций, целью которого является измерение

геодезических и геодинамических характеристик в разных районах мира с помощью спутников «ГЛОНАСС».

navigation field — навигационное поле. Совокупность радиосигналов в околоземном пространстве, излучаемых штатными навигационными КА.

NMEA — интерфейс передачи данных с приемников GPS/«ГЛОНАСС» на внешние устройства.

OTF (On-The-Fly) — «в движении». Один из способов разрешения многозначности фазовых измерений в системе GPS/«ГЛОНАСС». Используется при размещении приемной антенны на подвижном объекте. Измерение доплеровского сдвига и других параметров происходит при движении.

RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) — автономный мониторинг целостности. Реализованная в приемнике процедура быстрого обнаружения КА и «отбрасывания» неисправных спутников в том случае, если их вычисленные параметры существенно отличаются от ожидаемых. Для решения задачи комбинированный приемник обеспечивает работу от 18 до 24 каналов, по которым принимаются сигналы спутников GPS/«ГЛОНАСС».

RINEX (Receiver Independent Exchange format) — независимый формат обмена данными навигационного приемника, который был разработан в Университете авионавтики (Берн, Швейцария). В этом формате представлены все основные навигационные данные систем GPS и «ГЛОНАСС» — время, фаза, дальность, эфемериды.

RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) — Радиотехническая комиссия морских служб. Разработала протокол передачи дифференциальных поправок, который иногда обозначают той же аббревиатурой.

RTK (Real Time Kinematic) — «кинематика» в масштабе реального времени.

Определение местоположения объекта с использованием фазовых измерений GPS/«ГЛОНАСС» в масштабе реального времени с точностью 1—5 см.

TTF (time to first fix) — время первого определения местоположения.

Основной показатель, определяющий быстродействие навигационного приемника после включения питания. В зависимости от степени доступности и точности данных об эфемеридах спутника и альманахе системы различают «горячий», «теплый» и «холодный старт».

UTC (Universal Time Coordinated) — всемирное координированное время.

Международная система высокоточного определения среднего времени по гринвичскому меридиану, учитывающая сезонные изменения скорости вращения Земли.

UTC (SU) — шкала времени Государственного эталона частоты и времени России. Не является непрерывной шкалой вследствие ее периодической секундной коррекции. Последняя коррекция на 9 мкс была произведена 26.11.96, при этом расхождение между UTC (SU) и UTC снизилось до 1 мкс.

UTM — универсальная поперечная проекция Меркатора (картографическая). В России и странах СНГ применяется ее частный случай — проекция Гаусса-Крюгера.

WAAS (Wide Area Augmentation System) — глобальная система с расширенными данными. В навигационный сигнал включена информация о целостности ОГ, а также точные поправки для всех видимых спутников и другие сведения, необходимые для решения навигационных задач, которые связаны с прецизионной посадкой воздушных судов.

WAGE (Wide Area GPS Enhancement) — повышение точности данных системы GPS в глобальной зоне.

warm start — «теплый старт». Состояние приемника при выключенном питании, в котором его память сохраняет текущий (до выключения) альманах и начальные координаты в границах определенной зоны (например, радиусом 3000 км), а также обеспечивается поддержка часов истинного времени. Первое определение координат в этом режиме занимает существенно меньше времени, чем при «холодном старте», так как приемник может идентифицировать спутники, предположительно находящиеся в зоне видимости, и вычислять планируемое доплеровское смещение для каждого из них.

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ GPS ПРИЕМНИКОВ

Работа с GPS приемником



Рис.16

Органы управления

PWR power управляет включением и выключением прибора

MENU вход в главное меню прибора

GOTO кнопка для задания маршрута движения

NAV переключение навигационных экранов

MARK задание координат точки (может быть как точка стояния, либо любая другая запрограммированная точка)

ENTER кнопка ввода, или другими словами "Ок" или «да»

QUIT прервать, отмена действия.

Значок

«лампочка» кнопки выбора положения и управления настройкой в меню

Включение прибора

Для включения прибора необходимо нажать кнопку PVR и удерживать её не менее 1 сек. После этого на экране появляется эмблема Magellan и надпись на английском языке «для продолжения работы нажмите ENTER». Если в течении 5 сек не будет дано подтверждение, срабатывает защита от случайного нажатия кнопок и прибор отключается.

После получения подтверждения, появляется экран STATUS, на котором показывается количество принимаемых спутников (с указанием их идентификационных номеров) и уровень заряда батарей. Прибор в это время начинает самостоятельно сканировать (искать) спутники. По установлению сигнала не менее чем от 3-х спутников, он автоматически переключается на другие навигационные экраны и готов к работе.

Определение местонахождения, высоты над уровнем моря, скорости движения, пройденного расстояния, текущего азимута движения производится сразу же после установления четкого контакта с необходимым количеством спутников. Необходимо помнить, что, во-первых, чем больше засечено спутников, тем меньше погрешность в определении координат, во-вторых, для особо точного определения своего местоположения необходимо держать прибор неподвижно в течении 1-2 минут.

Навигационные экраны

1.POSITION— местоположение.

На этом экране расположено (сверху вниз):

- координаты. На данном приборе могут применяться различные системы координат, но наиболее близкие к тем, которыми мы привыкли пользоваться это в плоских географических координатах — UTM в системе отсчета WGS 84, в географических координатах (градусы, минуты, секунды) — LAT/LON в системе отсчета WGS 84. Нам наиболее удобны и привычны для пользования, а также чаще используются для работы на местности и на карте плоские географические

координаты. Надо помнить, что прибор использует системы координат принятые в НАТО, поэтому при считывании информации с экрана необходимо добавлять в широту (север-юг) цифру 1700, долгота остается без изменений.

Например:

Высвечивается на экране истинные координаты применительно к нашей системе

42 517142 E	42 517142 E
4566357 N	4567057 N

- ELEV – 416 м – высота точки стояния над уровнем моря,
- текущее местное время,
- время работы при бора после установления устойчивого контакта со спутниками,
- SPED (SPD, SPED) – скорость движения,
- TRIP – пройденный маршрут или пробег. Данной позицией практически не пользовались, т.к. из-за большой энергоемкости его приходилось отключать в целях экономии батарей, а при выключенном приборе TRIP не определяется.
- HEADING - текущий азимут движения.

2. TO: - направление.

Экран предназначен для пользования при движении на заранее запрограммированную точку или населенный пункт. Имеет следующие позиции:

- SPD – скорость движения,
- XTE – показывает отклонение от прямого курса движения или вправо на количество км,
- VMG – скорость приближения к конечной точке (при движении под углом к прямому маршруту),
- BRG – азимут, которым необходимо двигаться в настоящий момент в направлении к конечной точки маршрута,
- HDG – азимут движения в настоящий момент.

2. КОМПАС.

Надо помнить, что принцип работы этого компаса такой же, как и у всей системы определения координат, и он не связан с положением магнитного полюса Земли, ни с другими магнитными или электромагнитными полями. Определение направления на истинный или магнитный полюс Земли здесь определяется по положению навигационных спутников. Отрицательная сторона этого состоит в том, что этот компас работает только в движении.

Этот экран показывает:

- расположение сторон света относительно текущего направления движения,
- расположение конечной точки маршрута,
- а также наличие и местоположение Солнца и Луны на небе в настоящий момент.

3. ТО – направление с крупными значками.

Экран предназначен для пользования при движении на заранее запрограммированную точку или населенный пункт, в целях облегчения считывания информации имеет четыре программируемые позиции, обозначенные крупными значками. Очень удобен при совершении марш-бросков и в других ситуациях, когда необходимо быстро периодически усваивать информацию.

4. «КРОКОВЫЙ» экран.

На нем показаны кроки для повышения наглядности и облегчения считывания информации о пройденном или предстоящем маршруте. Условными знаками наносятся близлежащие населенные пункты и запрограммированные точки.

Масштаб варьируется от 0,1 До 200 км в 2 см.

Наглядно показывает требуемое направление движения для достижения конечной точки маршрута, а также необходимые повороты (влево-вправо на столько то градусов) для возвращения на правильный курс.

5. «ДОРОЖНЫЙ» экран.

Наглядно показывает требуемое направление движения для достижения конечной точки маршрута, а также необходимые повороты (влево-вправо на столько то градусов) для возвращения на правильный курс.

6. «СПИДОМЕТРОВЫЙ» экран

Этот экран работает по принципу автомобильного спидометра. Шкала выборочно градуируется минимально от 10 км/ч (для передвижения в пешем порядке) до 1280 км/ч (для передвижения на самолете). Также имеет два независимых друг от друга счетчика пробега (пройденного пути).

7. Экран расчета времени прибытия.

Имеет 4 позиции:

-TIME Текущее местное время

-TIME TO GO Расчетное время движения до конечной точки маршрута данным курсом и с данной скоростью

-TIME OF ARRIVAL Расчетное время прибытия в конечную точку маршрута при движении данным курсом и с данной скоростью

-TIME ELAPSED Время, потерянное при остановке или отклонении от прямого маршрута более чем на 45 градусов/

При изменении направления или скорости движения немедленно (в течении 1-2 сек) происходит пересчет вышеуказанных показаний под новую величину.

Первоначальная настройка прибора.

Первоначальная настройка (программирование) необходимо для более точного определения координат точки стояния и высоты над уровнем моря. Настройка заключается в конкретизации (уточнении) региона и принятых в данном регионе систем координат и времени.

Порядок настройки:

1. Включить прибор;
2. Нажать кнопку MENU;
3. Кнопкой выбрать SETUP;
4. Нажать кнопку ENTER;
5. Кнопкой выбрать INITIALIZE;
6. Нажать кнопку ENTER;
7. Кнопкой выбрать ASIA WEST;
8. Нажать кнопку ENTER;
9. Кнопкой выбрать UZBEKISTAN;
10. Нажать кнопку ENTER;
11. После этого на экране покажутся среднее значение координат и высоты над уровнем моря Республики Узбекистан;
12. Нажать кнопку ENTER;
13. После этого на экране покажется время, ввести временной стандарт Республики Узбекистан;
14. Нажать кнопку ENTER;
15. После этого на экране покажется дата, ввести текущую дату;
16. Нажать кнопку ENTER;
17. Далее появится табло запрашивающее, где в основном приходится работать с GPS над морем (MARINE) или сушей (LAND), выбрать сушу;
18. Нажать кнопку ENTER;
19. Кнопкой выбрать NAV SCREENS. Эта функция включает и отключает необходимые навигационные экраны (описание экранов приведено выше). Включение и отключение экрана происходит после выбора ON и OFF соответственно и нажатия кнопки ENTER;
20. Нажать кнопку ENTER;
21. Кнопкой выбрать CORD SYSTEM;
22. Нажать кнопку ENTER;

23. Выбрать PRIMARY;
24. Нажать кнопку ENTER;
25. Установить UTM;
26. Нажать кнопку ENTER;
27. Выбрать SECONDARY;
28. Нажать кнопку ENTER;
29. Установить LAT/LON;
30. Нажать кнопку ENTER;
31. Установить DEG/MIN/SEC;
32. Нажать кнопку ENTER;
33. Кнопкой выбрать MAP DATUM;
34. Нажать кнопку ENTER;
35. Выбрать PRIMARE;
36. Нажать кнопку ENTER;
37. Установить WGS 84;
38. Нажать кнопку EJTTEI?;
39. Выбрать SECONDARY;
40. Нажать кнопку ENTER;
41. Установить WGS 84;
42. ELEV VODE Можно пропустить
43. Кнопкой выбрать TIME FORMAT;
44. Нажать кнопку ENTER;
45. Установить LOCAL 24 НВ;
46. Нажать кнопку ENTER;
47. Ввести местное время
48. Нажать кнопку ENTER;
49. Кнопкой выбрать NAV UNITS. Здесь необходимо выбрать систему измерения расстояния и скорости движения мили/мили в час (MILLES/MPH),

морские мили/узлы (NM/KNOTS), километры/километры в час (KM/KPH). Выбрать необходимое.

50. Нажать кнопку ENTER;

51. Кнопкой выбрать NORTH REF;

52. Нажать кнопку ENTER;

53. Здесь необходимо выбрать на какой полюс ориентировать компас: на географический (TRUE) или магнитный (MAGNETIC)

54. LIGHT TIMER — регулировка автоматического отключения подсветки экрана. Настройка необязательна.

55. PERSONALIZE — ввод в память имени владельца. Настройка необязательна.

56. CLEAR MEMORY — очистка памяти, удаление данных. данная функция предназначена только для специалистов.

Программирование точки прибытия (марки).

- Нажать кнопку MARK;

- Открывается экран MARK, на котором указывается:

1. Название программируемой точки (марки) из 6-ти букв чтобы открыть и начать работу — нажать кнопку ENTER;

кнопки и - выбор букв или цифр,

чтобы выйти — нажать кнопку ENTER

2. Значок точки:

чтобы открыть и начать работу — нажать кнопку ENTER ,

кнопки и - выбор значка (на выбор предлагается 20 условных значков, например, заправка, рыба, якорь, шалаш и др.),

чтобы выйти — нажать кнопку ENTER

3. Координаты точки. По умолчанию выставляются координаты текущего местоположения. для программирования отдаленной точки:

чтобы открыть и начать работу — нажать кнопку ENTER,

кнопки и - выбор цифр,

чтобы выйти — нажать кнопку ENTER.

4. Высота над уровнем моря:

чтобы открыть и начать работу — нажать кнопку ENTER,

кнопки и - выбор цифр,

чтобы выйти — нажать кнопку ENTER

5. CREATE MSG — для ввода пояснений по данной точке, можно внести сообщение размером до 20-ти букв.

чтобы открыть и начать работу — нажать кнопку ENTER

кнопки и - выбор цифр,

чтобы выйти — нажать кнопку ENTER.

6. SAVE LMK — сохранить (запомнить) настроенную точку.

Как задать маршрут движения до цели:

1. Нажать GOTO — выходит экран GOTO

USER точки, настроенные пользователем

MAJOR CITIES города с населением более 1 млн. человек

LAGER CITIES города с населением более 100 тыс, человек

MED CITIES города с населением более 10 тыс, человек

2. Выбрав точку или город, нажать кнопку ENTER, после этого GPS будет отображать информацию по движению к выбранному объекту.

Специальные возможности:

Все экраны имеют как минимум 4 позиции, которые можно выбрать и запрограммировать по своему усмотрению. Ниже привожу расшифровку списка имеющихся позиций:

BRG азимут, которым необходимо двигаться в настоящий момент в направлении к конечной точки маршрута

SPD скорость движения

VMG скорость приближения к конечной точке маршрута (при движении под углом к прямому маршруту)

XTE	показывает отклонение от прямого курса движения влево или вправо на количество км
HDG	азимут движения в настоящий момент
TRP	пройденный маршрут или пробег
DST	расстояние до конечной точки маршрута
ETA	время, потерянное при остановке или отклонении от прямого маршрута более чем на 45 градусов
TTG	расчетное время движения до конечной точки маршрута данным курсом и с данной скоростью
TRN	необходимый поворот (влево, вправо) с указанием градусов для возвращения на прямой маршрут
ALT	высота над уровнем моря
TME	текущее местное время

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спутниковая навигационная аппаратура значительно упрощает и существенно сокращает время на подготовку карты и решения других задач, а также позволяет оперативно и с более высокой точностью решать навигационные задачи. Вместе с тем работа современной аппаратуры потребителя в заселенной местности, на территории городской застройки, вблизи линии электропередачи и в ряде других случаях затруднена, а ее показания могут иметь существенные погрешности, что необходимо учитывать при ориентировании на местности.

Использование наземной навигационной аппаратуры при ориентировании на местности позволяет: уверенно ориентироваться при движении в сложных условиях на незнакомой местности днем и ночью; знать в любой момент местоположение подразделений по марше и их боевые порядки в наступательном и оборонительном боях; наносить на карту границы зон заражения, затопления, колонные пути; оперативно производить топогеодезическую привязку огневых позиций артиллерии; определять координаты наблюдаемых целей и наносить их на карту.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Военная топография/ А.А. Псарев. – М.: Воениздат, 1986.384с.
2. Топографическая подготовка / А.Н. Коваленко.- М.: Воениздат, 1984.176с.
3. Работа командира на местности и карте / С.И. Вариченко.- М.: Воениздат, 1988.241с.
4. Материалы опубликованные в электронной сети ИНТЕРНЕТ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Спутниковые навигационные системы.....	4
1.1. Navstar GPS.....	6
1.2. Четыре поколения GPS-спутников.....	6
1.3. О спутниках.....	7
1.4. Задача трилатерации.....	9
1.5. Атомные часы.....	17
1.6. Дифференциальная коррекция.....	17
1.7. Российский GPS.....	18
2. GPS на практике и в перспективе.....	19
2.1. Избирательный доступ (S/A) и шифрование кодовых данных Anti Spoofing (A/S).....	24
3. Приемник GPS «ГЛОНАСС»	25
3.1. Навигационные тупики.....	29
3.2. Оборудование.....	30
4. Развитие навигационных систем в зарубежных странах.....	38
5. Терминология спутниковой навигации.....	42
6. Практическое применение GPS-приемников.....	46
Заключение.....	56
Литература.....	57