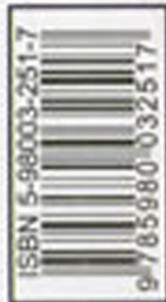


Библиотека Инженера



Карлашук В. И., Карлашук С. В.

Спутниковая навигация Методы и средства



Краткие сведения из геодезии
Системы навигации GPS и ГЛОНАСС
Навигаторы и GPS-приемники
Ozi Explorer и другие программы
Калибровка навигационных карт

Находка для специалиста!



Серия «Библиотека инженера»

В. И. Карлащук, С. В. Карлащук

Спутниковая навигация. Методы и средства

**Москва
СОЛОН-Пресс
2006**

ББК 32.947

К21

Карлащук В. И., Карлащук С. В.

К21 Спутниковая навигация. Методы и средства. — М.: СОЛОН-Пресс, 2006. — 176 с.: ил. (Серия «Библиотека инженера»)

ISBN 5-98003-251-7

Книга посвящена описанию спутниковых радионавигационных систем GPS-NAVSTAR (США) и ГЛОНАСС (Россия) и их применению в различных устройствах определения координат. В книге приведены краткие сведения из геодезии, необходимые для понимания задач, решаемых при определении местоположения различных объектов, а также подробное описание навигационной программы OziExplorer, широко используемой в переносных и карманных компьютерах. Книга будет интересной для автомобилистов, любителей пешего, горного, водного и лыжного туризма, для охотников, рыбаков, пилотов-любителей, судководителей малых морских судов, для лиц, занимающихся мониторингом транспортных средств и др. Приведенная информация будет полезной также для студентов и учащихся геодезических, радиотехнических, геологоразведочных, морских и других учебных заведений.

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «АЛЬЯНС-КНИГА КТК»

Тел: (095) 258-91-94, 258-91-95

www.abook.ru

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-Пресс» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из двух способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123242, Москва, а/я 20.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно дополнительно указать свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-Пресс», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Сайт издательства www.solon-press.ru.

E-mail: solon-avtor@coba.ru

ISBN 5-98003-251-7

© Макет и обложка «СОЛОН-Пресс», 2006

© Карлащук В. И., Карлащук С. В., 2006

Введение

Радионавигация является одним из перспективных направлений прикладной космонавтики. Спутниковые навигационные системы (СНС), в общем случае, могут найти применение везде, кроме мест, где нельзя принимать спутниковые навигационные сигналы, т. е. в зданиях, под землей, под водой и т. п. Любой, кому нужно знать, где он находится и откуда пришел, как ему добраться до нужного места, с какой скоростью он движется и когда доберется до цели, может воспользоваться услугами СНС. Достаточно широкое распространение СНС находят в авиации (на коммерческих и любительских самолетах), в морском профессиональном и любительском судовождении, в автомобилях и автомобильном транспорте, среди любителей пешего, горного, водного и лыжного туризма, среди геологов, охотников, рыболовов и велосипедистов. Особенно ярко полезные свойства СНС проявляются при их использовании в больших городах: при наличии на автомобиле навигационного оборудования и соответствующей электронной карты достаточно указать конечный пункт следования, после чего бортовой компьютер автоматически разработает маршрут от текущего местоположения до пункта назначения и в процессе движения будет подсказывать (голосом!), где повернуть, где переобойться и т. п.

СНС первого поколения — TRANSIT (США) и ЦИКАДА (СССР) — были созданы и введены в эксплуатацию в 1960-е годы. Более совершенные системы второго поколения начали создаваться в середине 1980-х. Реализация такой СНС в США под названием NAVSTAR (NAVigation Satellite providing Time And Range — навигационная спутниковая система для измерения времени и местоположения) [3] началась в середине 1977 года с запуска первого спутника. С 1983 года система была открыта для использования в гражданских целях, с 1991 года сняты ограничения на продажу GPS-оборудования в страны бывшего СССР. В 1993 году система была полностью развернута. Затраты на ее реализацию превысили 15 млрд. долларов США, а доходы от продажи GPS-оборудования достигли в настоящее время более 100 млрд. В последующем появилось более распространенное название — GPS (Global Positioning System) — глобальная система позиционирования (местоопределения).

Российская система, аналогичная по назначению GPS, называется ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) [2, 6—8]. Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос 1413) состоялся 12 октября 1982 года. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 года при условии развертывания штатной орбитальной структуры (24 спутника) в 1995 году. Однако до сих пор имеющееся на рынке навигационное оборудование представлено изделиями GPS различных

зарубежных компаний и в первую очередь американских. Такое положение дел является одним из многочисленных примеров отсутствия в стране более полутора десятка лет рачительного хозяина, заботящегося о престиже страны, бывшей в свое время лидером в освоении космоса.

Предлагаемая вниманию читателя книга содержит три главы и приложение.

В первой главе приведены краткие сведения из геодезии, необходимые для понимания задач, решаемых при определении местоположения с помощью СНС.

Во второй главе описаны упоминавшиеся выше СНС и их применение для решения разнообразных задач позиционирования.

В третьей главе приведено подробное описание навигационной программы OziExplorer, широко используемой в переносных и карманных компьютерах, а также ее применение для подготовки навигационных карт для карманного компьютера Psion.

В приложении приведен список терминов и сокращений, используемых в технике СНС и ее приложений.

Замечания, пожелания и предложения направляйте

по адресу: 123242, Москва, а/я 20, изд-во «СОЛОН-Пресс»;

электронная почта: solon-avtor@soba.ru; факс: (095) 252-72-03;

телефон: (095) 254-44-10,

а также непосредственно авторам по электронной почте: wkarl@rambler.ru.

1. Краткие сведения из геодезии

Слово «геодезия» произошло от греческих слов «ge» — земля и «dazo-mai» — разделяю, делю на части, т. е. геодезия — это землеразделение, что соответствовало ее содержанию на начальном этапе развития. Так, в Египте задолго до нашей эры измерялись размеры земельных участков, строились оросительные системы, — все это выполнялось с участием геодезистов.

В настоящее время геодезия решает следующие задачи [1]:

- определение фигуры, размеров и гравитационного поля Земли;
- распространение единой системы координат на территорию отдельного государства, континента и всей Земли в целом;
- изображение участков поверхности Земли на топографических картах и планах;
- изучение глобальных смещений блоков земной коры;
- создание и внедрение геоинформационных систем (ГИС);
- создание государственных и локальных кадастров: земельного, водного, лесного, городского и т. д.;
- топографо-геодезическое обеспечение делимитации (определения) и демаркации (обозначения) государственной границы России;
- разработка и внедрение стандартов в области цифрового картографирования;
- создание цифровых и электронных карт и их банков данных;
- разработка концепции и государственной программы повсеместного перехода на спутниковые методы автономного определения координат;
- создание комплексного национального атласа России.

Приводимые ниже сведения взяты в основном из учебного пособия [1].

1.1. Понятие о фигуре Земли

Фигуру Земли в первом приближении можно считать шаром. Поскольку Земля вращается вокруг оси, то, согласно законам физики, она должна быть сплюснута у полюсов. Поэтому во втором приближении Землю принимают за эллипсоид вращения; в некоторых случаях ее считают трехосным эллипсоидом.

В модели шарообразной Земли ее поверхность имеет сферическую форму; здесь важен лишь радиус сферы, а все остальное — морские впадины, горы, равнины — несущественно. Модель эллипсоида вращения имеет две характеристики: размеры большой и малой полуосей. В этой модели используется геометрия эллипсоида вращения, которая намного сложнее геометрии сферы, хотя разработана также достаточно подробно.

При решении геодезических задач различной сложности можно считать поверхность участка Земли либо частью плоскости, либо частью сферы, либо частью поверхности эллипсоида вращения и т. д. При этом основным направлением считается *направление силы тяжести*, которое практически совпадает с направлениями радиусов Земли.

Поверхность, перпендикулярная направлениям силы тяжести, называется *уровенной поверхностью*. Уровенные поверхности можно проводить на разных высотах: все они являются замкнутыми и почти параллельны одна другой.

Уровенная поверхность, совпадающая с невозмущенной поверхностью Мирового океана и мысленно продолженная под материка, называется *основной уровенной поверхностью* или *поверхностью геоида*.

Если бы Земля была идеальным шаром и состояла из концентрических слоев различной плотности, имеющих постоянную плотность внутри каждого слоя, то все уровенные поверхности имели бы строго сферическую форму, а направления силы тяжести совпадали бы с радиусами сфер. В реальной Земле направления силы тяжести зависят от распределения масс различной плотности внутри Земли, поэтому поверхность геоида имеет сложную форму, не поддающуюся точному математическому описанию, и не может быть определена только из наземных измерений.

В настоящее время при изучении физической поверхности Земли роль вспомогательной поверхности выполняет *поверхность квазигеоида*, которая может быть точно определена относительно поверхности эллипсоида по результатам астрономических, геодезических и гравиметрических измерений. На территории морей и океанов поверхность квазигеоида совпадает с поверхностью геоида, а на суше она отклоняется от него в пределах двух метров (рис. 1.1).

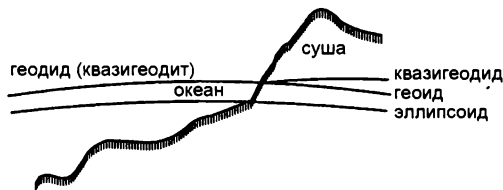


Рис. 1.1. К определению фигуры Земли

За действительную поверхность Земли принимают на суше ее физическую поверхность, а на территории морей и океанов — их невозмущенную поверхность. При этом положение любой ее точки определяется принятой системой координат. В геодезии системы координат задают на поверхности эллипсоида вращения, которая в этом случае называется *поверхностью относимости*. Эллипсоид вращения принятых размеров, определенным образом ориентированный в теле Земли, на поверхность которого относятся геодезические сети при их вычислении, называется *референц-эллипсоидом*.

Для территории нашей страны в 1946 году был принят *эллипсоид Красовского*, для которого большая полуось $a = 6\,378\,245$ м, малая полуось $b = 6\,356\,863$ м, полярное сжатие $\alpha = (a - b)/a = 1/298,3$.

Применяемые в разных странах референц-эллипсоиды имеют различные параметры; существует и общеземной эллипсоид, размеры которого утверж-

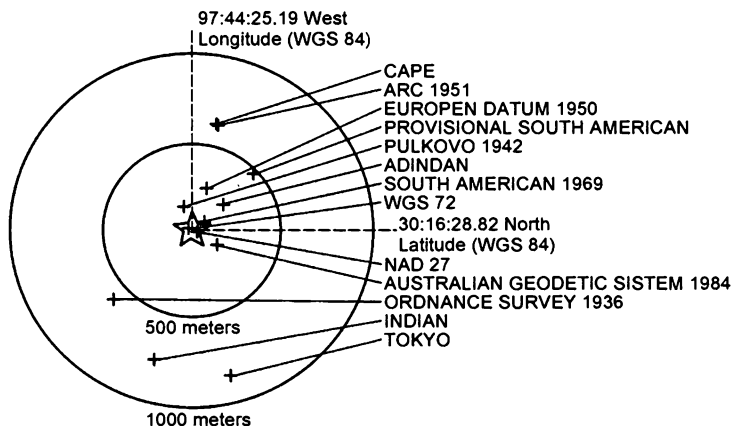


Рис. 1.2. Координаты одной точки для различных эллипсоидов

дают международные геодезические организации. Так, в системе WGS-84 (World Geodetic System) принят эллипсоид с параметрами: большая полуось $a = 6\,378\,137,0$ м, полярное сжатие $\alpha = (a - b)/a = 1/298,2566 = 0,003352810665$.

Если в качестве базового принять эллипсоид WGS-84, то для точки земной поверхности с координатами $97^{\circ}44'25,19''$ западной долготы и $30^{\circ}16'28,82''$ северной широты отклонения координат для других эллипсоидов могут достигать несколько сотен метров (см. рис. 1.2 [3], на котором данные для нашей страны обозначены как Pulkovo 1942).

1.2. Определение положения точек земной поверхности

Положения точек на земной поверхности могут быть определены астрономическими, геодезическими или прямоугольными координатами.

Астрономические координаты точки (для шарообразной модели Земли) определяются на поверхности сферы двумя сферическими координатами — *широтой* (Latitude) и *долготой* (Longitude) (см. рис. 1.3, *a*, на котором точка *O* — центр сферы, *P* — Северный полюс, точка *P'* — Южный полюс, *QQ'* — линия экватора, полученная от пересечения плоскости экватора и поверхности сферы).

Плоскость меридиана точки *A*, лежащей на поверхности сферы, проходит через отвесную линию точки *A* и ось вращения Земли *PP'*. *Меридиан* точки *A* — это линия пересечения плоскости меридиана точки *A* с поверхностью сферы. *Широта* точки *A* — угол φ , образованный отвесной линией точки *A* и плоскостью экватора; он лежит в плоскости меридиана точки.

Широта изменяется от 0° до 90° и отсчитывается в обе стороны от экватора: к северу — северная (*N* — North), к югу — южная (*S* — South).

Долгота точки *A* — угол λ между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки *A*. Начальный меридиан проходит через центр главного зала Гринвичской обсерватории, расположенной вблизи Лондона.

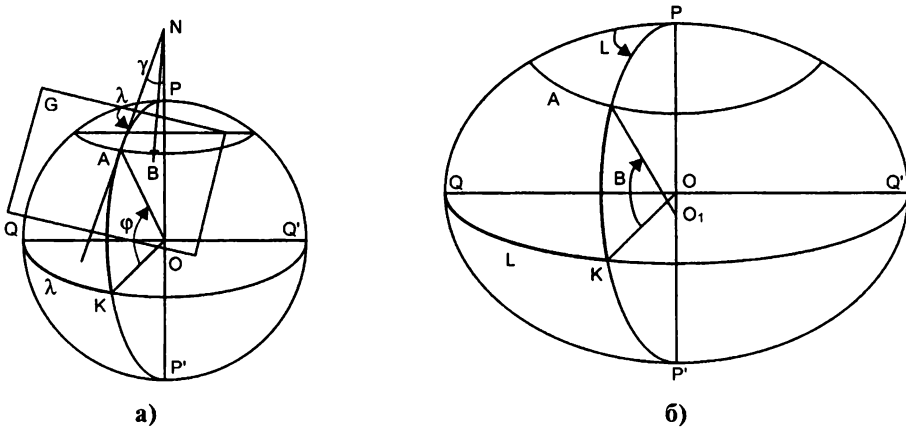


Рис. 1.3. Астрономические (а) и геодезические (б) системы координат

Долготы изменяются от 0° до 180° , к западу от Гринвича — западные (W.— West), к востоку — восточные (E — East). Все точки одного меридиана имеют одинаковую долготу.

Линия пересечения плоскости, проведенной через точку А параллельно плоскости экватора, с поверхностью сферы называется ее *параллелью*; все точки параллели имеют одинаковую широту.

Плоскость G, касательная к поверхности сферы в точке А, называется ее *плоскостью горизонта*. Линия пересечения плоскости горизонта и плоскости меридиана точки называется *полуденной линией*; ее направление — с юга на север. Если провести полуденные линии двух точек, лежащих на одной параллели, то они пересекутся в точке на продолжении оси вращения Земли PP', образуя угол γ , который называется *сближением меридианов* этих точек.

Геодезические координаты (для эллипсоидной модели) определяются геодезической широтой и геодезической долготой.

Геодезическая широта точки А — угол В, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора (см. рис. 1.3, б). *Геодезическая долгота* точки А — двугранный угол L между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана точки.

Плоскость *геодезического меридиана* проходит через точку А и малую полуось эллипсоида; *геодезическая параллель* образуется пересечением поверхности эллипсоида плоскостью, проходящей через точку А параллельно плоскости экватора.

Различие геодезических и астрономических координат точки зависит от угла между ее отвесной линией и ее нормалью к поверхности эллипсоида (смещение $O-O_1$). Этот угол называется *уклонением* отвесной линии и обычно не превышает $5''$. В некоторых районах Земли, называемых *аномальными*, уклонение отвесной линии достигает нескольких десятков дуговых секунд. При геодезических работах невысокой точности астрономические и геодезические координаты не различаются и в этом случае используются под названием *географических координат*.

Для определения положения точки в трехмерном пространстве задается ее третья координата — *высота* (над поверхностью сферы или эллипсоида).

В нашей стране отсчет высот ведется от *уровенной поверхности*, соответствующей среднему уровню Балтийского моря, поэтому такая система высот называется *Балтийской*.

Прямоугольные координаты (для плоской модели) образуются двумя взаимно перпендикулярными прямыми, называемыми *осями координат* (ось абсцисс — ОХ, ось ординат — ОУ); точка их пересечения О называется *началом* или *нулем* системы координат.

Существуют две системы прямоугольных координат: левая и правая; в геодезии чаще всего применяется левая (рис. 1.4, а). Положение точки в такой системе однозначно определяется ее координатами Х и У, которые могут быть как положительными, так и отрицательными, — в зависимости от четверти (квадранта), где находится искомая точка (см. также раздел 1.7).

Полярные координаты (для плоской модели) представляют собой систему из направленной из точки О *полярной оси* ОХ

(точка О называется *полюсом* системы) и радиус-вектора r , равного расстоянию от полюса до точки и составляющего *полярный угол* β , отсчитываемый от оси ОХ по часовой стрелке (рис. 1.4, б). Переход от прямоугольных координат к полярным и обратно для случая, когда начала обеих систем и оси ОХ совпадают, выполняется по формулам: $X = r \cdot \cos\beta$; $Y = r \cdot \sin\beta$; $\operatorname{tg}\beta = Y/X$; $r = (X^2 + Y^2)^{1/2}$.

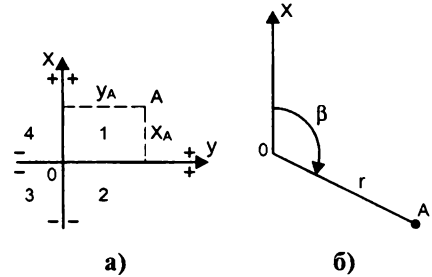


Рис. 1.4. Прямоугольная (а) и полярная (б) система координат

1.3. Методы проекций

Для изображения на бумаге участка земной поверхности необходимо сначала спроектировать все точки участка на поверхность относимости (на поверхность эллипсоида вращения или сферы), а затем изобразить поверхность относимости на плоскости. Если участок местности небольшой, то соответствующий ему участок сферы или эллипсоида можно заменить плоскостью и считать, что проектирование выполняется сразу на плоскость. При проектировании отдельных точек и целых участков земной поверхности на поверхность относимости применяется *горизонтальная проекция*, в которой проектирование выполняют отвесными линиями (метод *ортогональной проекции*, при котором линии проектирования Аа, Вв, Сс и Dd (рис. 1.5, а) перпендикулярны плоскости проекции Р). Если линия АВ плоскости ABCD параллельна плоскости проекции Р, то линия аb называется *горизонтальной проекцией* или *горизонтальным проложением* линии местности АВ. Если эта линия не параллельна плоскости Р, то угол между линией АВ и ее горизонтальной проекцией аb называется *углом наклона*. Расстояния Аа, Вв, Сс, Dd от точек местности до их горизонтальных проекций называются *высотами* или *альтитудами*; разность отметок двух точек называется *превышением* одной точки относительно другой.

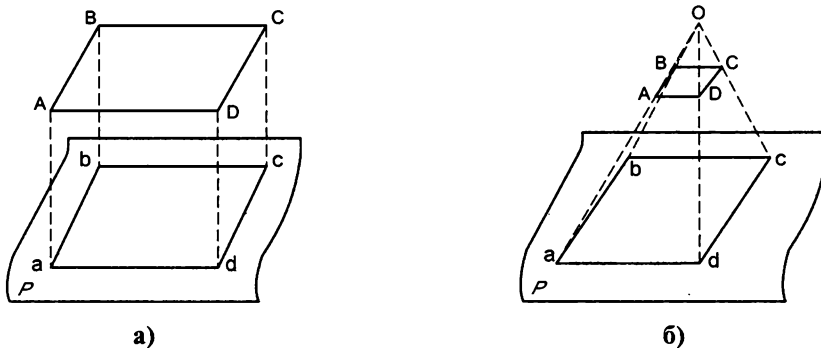


Рис. 1.5. Ортогональная (а) и центральная (б) проекции

При аэросъемках используется метод *центральной проекции* (рис. 1.5, б), при котором проектирование выполняют линиями, исходящими из одной точки O — *центра проекции*. Плоскость проекции и объект могут располагаться по разные стороны от ее центра; например, при фотографировании центром проекции является оптический центр объектива, а плоскостью проекции — фотопластинка, фотопленка или видеоматрица.

Применение модели плоской поверхности при решении геодезических задач возможно лишь для небольших участков поверхности Земли, когда искажения, вызванные заменой поверхности сферы или эллипсоида плоскостью, невелики. При этом необходимо также учитывать, что измерения на местности и чертежные работы всегда выполняются с ошибками.

Расчеты показывают [1], что относительное искажение $\Delta D/D$ дуги длиной D при замене ее отрезком касательной $\Delta D/D = D^2/12R^2$. Например, при $R = 6\,400$ км (радиус Земли) и $D = 20$ км $\Delta D/D = 1/1\,218\,000$, при $D = 30$ км $\Delta D/D = 1/541\,000$. Достигнутая точность измерения расстояний пока не превышает 10^{-6} , поэтому при геодезических работах любой точности участок сферы 20×20 км² можно считать плоским. При работах пониженной точности размер участка сферы, принимаемого за плоскость, соответственно увеличивается.

При замене участков сферы касательной плоскостью искажаются не только длины линий, но и *отметки* (высоты) точек над поверхностью. Расчеты показывают [1], что искажение высоты при длине касательной L может быть оценено по формуле: $p = L^2/8R$. Например, при $L = 10$ км $p = 7,8$ м, при $L = 100$ м $p = 0,8$ мм, т. е. влияние кривизны поверхности Земли на отметки точек необходимо учитывать при любых расстояниях между ними.

1.4. Понятие о плане, карте, аэроснимке

Уменьшенное изображение на бумаге горизонтальной проекции небольшого участка местности называется *планом*. Если участок поверхности относимости, на который спроектирована местность, имеет большие размеры, то при изображении его на плоскости неизбежны заметные искажения длин, углов и площадей. Математический способ изображения поверхности

сферы или эллипсоида на плоскости называется *картографической проекцией*: каждой точке изображаемой поверхности должна соответствовать одна точка плоскости.

Картографические проекции классифицируются по характеру искажений (равноугольные, равновеликие и произвольные), по виду сетки меридианов и параллелей (азимутальные, цилиндрические, псевдоцилиндрические, конические, псевдоконические, поликонические), по положению полюса сферических координат (нормальные, поперечные, косые).

Картой называется уменьшенное изображение на бумаге горизонтальной проекции участка земной поверхности в принятой картографической проекции (с учетом кривизны поверхности относимости). В нашей стране топографические карты составляются в поперечно-цилиндрической равноугольной проекции Гаусса.

В проекции Гаусса вся поверхность Земли условно разделяется на 60 зон меридианами, проведенными через 6° ; форма зоны — сферический двугольник (рис. 1.6, а); счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток. Средний меридиан зоны называется *осевым*; долгота осевого меридиана L_0 любой зоны в восточном полушарии подсчитывается по формуле: $L_0 = 6^\circ \cdot n - 3^\circ$, а в западном — по формуле: $L_0 = 360^\circ - (6^\circ \cdot n - 3^\circ)$, где n — номер зоны.

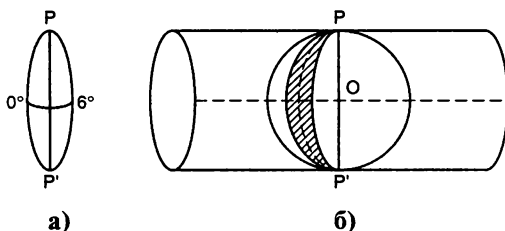


Рис. 1.6. К определению проекции Гаусса

Если представить, что земной эллипсоид вписан в эллиптический цилиндр, ось которого расположена в плоскости экватора и проходит через центр эллипсоида (рис. 1.6, б), а сам цилиндр касается эллипсоида по осевому меридиану данной зоны, то вся поверхность зоны проектируется на поверхность цилиндра нормальными к эллипсоиду так, что изображение малого участка на цилиндре будет подобно соответствующему участку на эллипсоиде. Такая проекция называется *конформной* или *равноугольной*; в ней углы не искажаются, а длины линий искажаются по закону: $\Delta S/S = Y^2/2R^2$, где ΔS — искажение линии; S — ее длина на эллипсоиде; Y — удаление линии от осевого меридиана; R — средний по линии радиус кривизны эллипсоида.

Для территории нашей страны искажения длин линий находятся в допустимых пределах для карт масштабов 1:10 000 и мельче; для карт масштаба 1:5 000 и крупнее применяются трехградусные зоны Гаусса.

При этом поверхность цилиндра разрезается и разворачивается на плоскости, а осевой меридиан и экватор изображаются в виде двух взаимно перпендикулярных прямых линий. В точку их пересечения помещают начало прямоугольных координат зоны. За ось OX принимают изображение осевого меридиана зоны (положительное направление оси OX — на север), за ось OY —

изображение экватора (положительное направление оси ОУ — на восток). При координате У впереди пишут номер зоны; для исключения ее отрицательных значений условились, что в начале координат значение координаты У равно 500 км.

Масштабом карты (плана) называется отношение длины отрезка на карте (плане) к горизонтальной проекции соответствующего отрезка на местности.

По своему назначению все географические карты делятся на *общегеографические* и *тематические*. На общегеографических картах показывают рельеф, гидрографию, растительный покров, населенные пункты, пути сообщения, различные границы и другие объекты природного, хозяйственного и культурного назначения. На тематических картах изображают размещение, сочетание и связи различных природных и общественных явлений; известны геологические, климатические, ландшафтные, экологические карты, карты полезных ископаемых, карты размещения производительных сил, карты населения, исторические, учебные, туристические и др. Крупномасштабные (масштаба 1 : 1 000 000 и крупнее) общегеографические карты называются *топографическими*. Они издаются в виде отдельных листов размером примерно 40 × 40 см.

Аэроснимок — это фотографическое изображение участка земной поверхности в виде его центральной проекции. При отвесном положении оси фотоаппарата получается *плановый* снимок, при наклонном — *перспективный*.

Масштабом аэроснимка М называется отношение длины отрезка на аэроснимке к длине соответствующего отрезка на местности; он определяется по формуле: $1/M = f/H$, где f — фокусное расстояние фотоаппарата, H — высота фотографирования.

1.5. Ориентирование линий

Ориентирование линий означает определение ее направления относительно начального (базового). Направление определяется величиной *ориентирного угла* между начальным направлением и направлением линии. В геодезии за начальное направление принимают: географический меридиан точки, осевой меридиан зоны или магнитный меридиан точки.

Географическим азимутом А (рис. 1.7, а) называется угол, отсчитанный по часовой стрелке от северного направления (здесь и далее обозначается символом «*») географического меридиана точки до направления определяемой линии; пределы изменения географического азимута от 0° до 360°.

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, так как меридианы на поверхности сферы не параллельны между собой. Например, азимуты линии ВС в точках В и С (рис. 1.7, б) будут отличаться на величину сближения меридианов точек В и С: $A_{CD} = A_{BC} + \gamma$.

В геодезии различают *прямое* и *обратное* направление линии. Например, в точке С линии ВD прямое направление будет CD, а обратное — СВ. Прямой и обратный азимут линии в одной точке различаются на 180°, однако для разных точек линии это равенство не выполняется. Если ВС — прямое направление линии в ее начале (в точке В), A_{BC} — азимут прямого направления, СВ — обратное направление линии в ее конце (в точке С), A_{CB} — азимут обратного

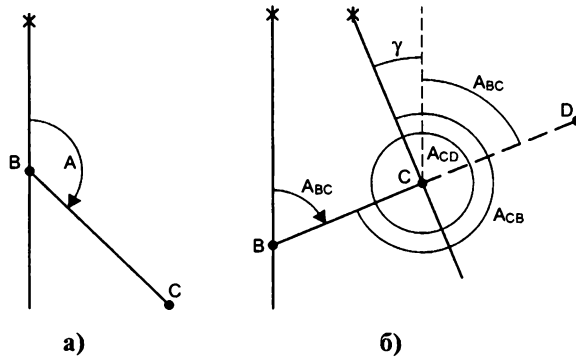


Рис. 1.7. К определению ориентирования линий

направления, то $A_{BC} = A_{CB} + 180^\circ + \gamma$, т. е. обратный азимут линии равен прямому азимуту $\pm 180^\circ$ плюс сближение меридианов точек начала и конца линии.

Различают *восточное* (положительное) и *западное* (отрицательное) сближение меридианов. Если конечная точка линии находится к востоку от начальной, то сближение меридианов будет восточным и положительным; если к западу от начальной, то сближение меридианов будет западным и отрицательным.

Например, для точек A и B, лежащих на сфере на одной параллели и поэтому имеющих одинаковую широту (см. рис. 1.8, a), формула сближения меридиана имеет вид: $\gamma = (\lambda_B - \lambda_A) \cdot \sin\varphi = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi$, где β , λ_B , λ_A — широта и долготы точек A и B в радианах. Как видно из рис. 1.8, a, угол γ образован пересечением полуденных линий $AN = BN = R \cdot \text{ctg}\beta$ (R — радиус сферы) с продолжением оси вращения Земли, а разность долгот точек $\Delta\lambda$ — радиусами параллели $FA = FB = r = R \cdot \cos\beta$.

Частным случаем сближения меридианов является *гауссово сближение*, при котором начальная точка A лежит на осевом меридиане зоны. Такое сближение определяется формулой: $\gamma_r = L \cdot L_0 \cdot \sin B$, где L , B — геодезические долгота и широта точки; L_0 — долгота осевого меридиана зоны. В пределах зоны гауссово сближение меридианов не превышает $3^\circ \cdot \sin B$.

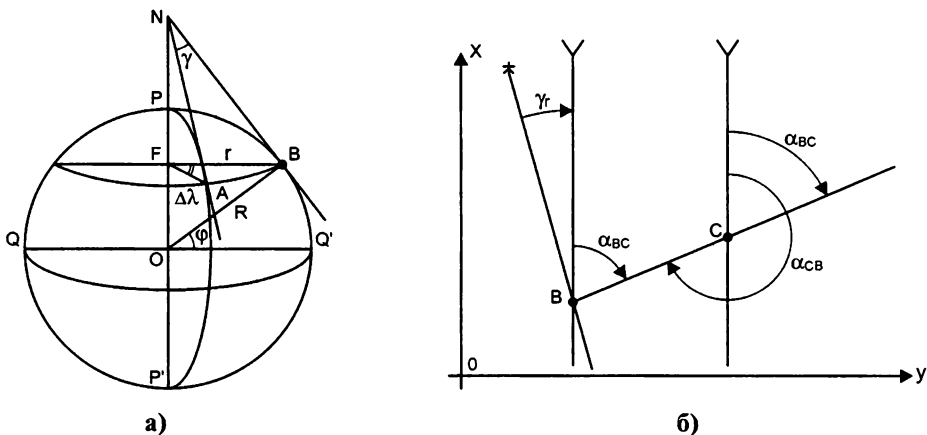


Рис. 1.8. К определению сближения меридианов (a) и дирекционного угла (б)

При ориентировании по осевому меридиану зоны используется понятие *дирекционного угла линии*, отсчитываемого по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны до направления линии (рис. 1.8, б); пределы изменения дирекционного угла от 0° до 360° .

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии одинаков в разных ее точках, а обратный дирекционный угол прямой линии отличается от прямого на 180° , т. е. $\alpha_{CB} = \alpha_{BC} + 180^\circ$. Связь географического азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается формулой: $A = \alpha + \gamma_T$, где γ_T — гауссово сближение меридианов в точке начала линии.

При ориентировании по магнитному меридиану точки пользуются *магнитным азимутом* AM (рис. 1.9, а), равным углу, отсчитанному по часовой стрелке от северного направления NM магнитного меридиана точки до направления линии BC ; он изменяется от 0° до 360° .

Угол δ между географическим меридианом BN и магнитным меридианом NM называется *магнитным склонением*. Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от географического меридиана, то склонение считается *восточным* (положительным); если к западу — то *западным* (отрицательным). Направление BC характеризуется двумя ориентирными углами: географическим и магнитным азимутами, т. е. $A = A_M + \delta$ или, с учетом ранее приведенной формулы связи географического азимута и дирекционного угла линии, $A = \alpha + \gamma_T = A_M + \delta - \gamma_T = A_M + \Pi$, где Π — поправка на склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

Для ориентирования на местности по магнитному меридиану используется буссоль, по принципу действия аналогичная магнитному компасу.

Кроме географического и магнитного азимутов и дирекционного угла, к ориентирным углам относятся также *румб* r — острый угол от ближайшего направления меридиана до направления линии с пределами изменения от 0° до 90° . Название румба зависит от названия меридиана: географический, магнитный и дирекционный (или осевой). Для однозначного определения направления по значению румба он сопровождается названием четверти (см. рис. 1.9, б): 1-я четверть — СВ (северо-восток), 2-я — ЮВ (юго-восток), 3-я — ЮЗ (юго-запад), 4-я — СЗ (северо-запад); например, $r = 30^\circ$ ЮВ.

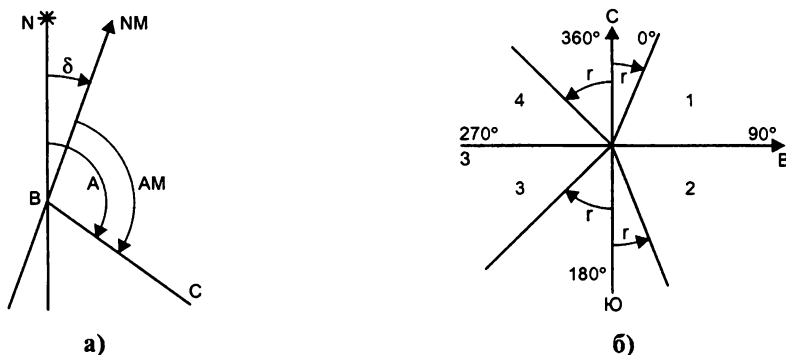


Рис. 1.9. К определению магнитного азимута (а) и румба (б)

Как следует из рис. 1.9, б, связь румба с соответствующим азимутом A определяется формулами: для 1-й четверти $r = A$ и $A = r$; для 2-й — $r = 180^\circ - A$ и $A = 180^\circ - r$; для 3-й — $r = A - 180^\circ$ и $A = 180^\circ + r$; для 4-й — $r = 360^\circ - A$ и $A = 360^\circ - r$.

1.6. Геодезические измерения

Геодезические измерения чаще всего сводятся к измерениям углов и расстояний.

При измерении расстояний используют инварные проволоки, мерные ленты, рулетки и дальномеры. Инварные проволоки (сплав из 64% железа и 36% никеля) отличаются малым коэффициентом линейного расширения ($5 \cdot 10^{-6}$) и позволяют измерять расстояния с ошибкой в одну миллионную, т. е. расстояние 1 км может быть измерено с ошибкой 1 мм. Мерные ленты (шириной 10...20 мм, толщиной 0,4...0,5 мм, длиной 20, 24 и 50 м) обеспечивают точность измерений около $1/2\ 000$.

Определение площади участков местности производится с использованием геометрического, аналитического или механического способов. На местности применяют два первых способа, на картах и планах — все три способа.

При геометрическом и аналитическом способах площади вычисляются по длинам сторон и углам между ними, полученными в результате измерений. При механическом способе (при измерении на карте или плане) используется планиметр.

Углы обычно измеряют в градусной мере (градусы, минуты, секунды), реже — в радианной. В геодезии имеют дело с углами, лежащими в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Угол на чертеже или карте в простейшем случае измеряют транспортиром (рис. 1.10, а). Если N_1 и N_2 — отсчеты по шкале транспортира в точках пересечения ее сторонами угла, то горизонтальный угол $\beta = N_1 - N_2$; если $N_1 = 0$, то $\beta = N_2$.

На местности угол фиксируется тремя точками: одна из них — точка A — является вершиной угла, две другие — B и C — фиксируют направления первой и второй сторон угла соответственно (рис. 1.10, б).

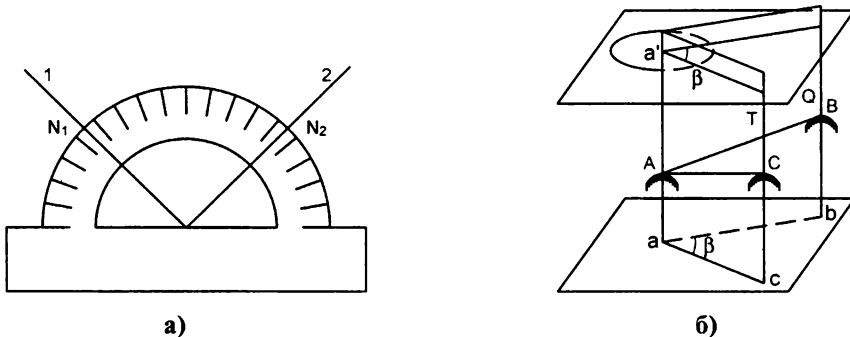


Рис. 1.10. К измерению горизонтальных углов

В геодезии обработка измерений выполняется на горизонтальной плоскости, поэтому угол ВАС нужно спроектировать на горизонтальную плоскость Н. Горизонтальная проекция точки находится в точке пересечения отвесной линии, проходящей через эту точку, с плоскостью Н. Для проектирования линии нужна отвесная проектирующая плоскость, проходящая через данную линию. Для этого через линии местности АВ и АС проводятся отвесные проектирующие плоскости Q и Т, линии пересечения которых с горизонтальной плоскостью Н будут горизонтальными проекциями линий АВ и АС. При этом искомый угол β — это двугранный плоский угол, лежащий в плоскости Н, перпендикулярной граням угла. Ребрами этого двугранного угла являются отвесная линия, проходящая через вершину угла местности. Для его измерения угломерный круг устанавливается так, чтобы его центр находился на ребре двугранного угла, а его плоскость была горизонтальна (параллельна) плоскости Н.

Угол β равен углу $b'a'c'$; он вычисляется по разности отсчетов c' и b' на угломерном круге: $\beta = c' - b'$. Отсчет b' получается в точке пересечения шкалы угломерного круга плоскостью Q, отсчет c' — в точке пересечения шкалы плоскостью Т.

Таким образом, прибор для измерения горизонтальных углов на местности должен иметь угломерный круг, приспособление для наведения на точки местности и устройство для отсчета по шкале угломерного круга; такой прибор называется *теодолитом*.

У первых теодолитов в центре угломерного круга на острие иголки помещалась линейка, которая могла свободно вращаться на этом острие (как стрелка у компаса); в линейке были сделаны вырезы и в них натянуты нити, играющие роль отсчетных точек (штрихов). Центр угломерного круга помещался в вершину измеряемого угла. Поворачивая линейку, совмещали ее с первой стороной угла и брали отсчет N_1 по шкале угломерного круга. Затем совмещали линейку со второй стороной угла и брали отсчет N_2 . Разность отсчетов равнялась значению угла. Подвижная линейка называется *алидадой*, а угломерный круг — *лимбом*. Для совмещения линейки-алидады со сторонами угла применялись примитивные визирь.

Современные теодолиты, сохранив идею измерения угла, конструктивно значительно отличаются от старинных теодолитов. Во-первых, для совмещения алидады со сторонами угла используется зрительная труба, которую можно вращать по высоте и по азимуту; во-вторых, для отсчета по шкале лимба имеется отсчетное приспособление, в-третьих, вся конструкция теодолита закрыта прочным металлическим кожухом и т. д. Для плавного вращения алидады и лимба имеется система приводов с различными регуляторами. Для установки теодолита на земле применяется специальный штатив, а совмещение центра лимба с отвесной линией, проходящей через вершину измеряемого угла; осуществляется с помощью оптического центра или нитяного отвеса.

Стороны измеряемого угла проектируются на плоскость лимба подвижной вертикальной плоскостью, которая называется *коллимационной* и образуется визирной осью зрительной трубы при вращении трубы вокруг своей оси. Визирная ось трубы (или визирная линия) — это воображаемая линия, проходя-

шая через центр сетки нитей и оптический центр объектива трубы. Современные теодолиты делятся на высокоточные (погрешность измерения не более 1"), точные (погрешность от 2" до 7") и технические (погрешность от 10" до 30").

Теодолиты используются также для измерения вертикальных углов, т. е. лежащих в вертикальной плоскости. К таким углам относятся угол наклона и зенитное расстояние. *Угол наклона* ν образован горизонтальной плоскостью и направлением линии местности; он может быть положительным и отрицательным. *Зенитное расстояние* Z — это угол между вертикальным направлением и направлением линии местности; зенитные расстояния всегда положительные (рис. 1.11).

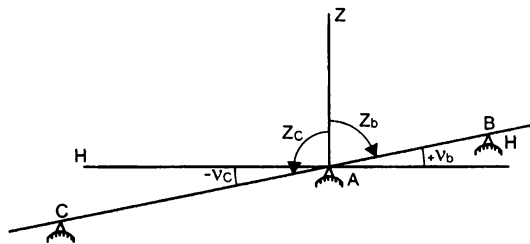


Рис. 1.11. К измерению вертикальных углов

Угол наклона и зенитное расстояние одного направления связаны соотношением: $Z + \nu = 90^\circ$, или $\nu = 90^\circ - Z$, $Z = 90^\circ - \nu$.

Разновидностью угловых измерений является *нивелирование* — процесс измерения превышения одной точки относительно другой. Начальной точкой счета высот в нашей стране является *нуль Кронштадтского футштока* (горизонтальная черта на медной пластине, прикрепленной к устью одного из мостов Кронштадта). От этого нуля идут ходы нивелирования, пункты которых имеют отметки в Балтийской системе высот. Затем от этих пунктов с известными отметками прокладывают новые нивелирные ходы и так далее, пока не получится довольно густая сеть, каждая точка которой имеет известную отметку. Эта сеть называется государственной сетью нивелирования; она покрывает всю территорию страны.

Отметки всех пунктов нивелирных сетей собраны в «Каталоги высот», которые непрерывно пополняются. Для нахождения отметки любой точки местности в Балтийской системе высот нужно измерить ее превышение относительно какого-либо пункта, отметка которого известна и есть в каталоге. Иногда отметки точек определяют в условной системе высот, если поблизости нет пунктов государственной нивелирной сети.

В зависимости от используемых измерительных приборов различают нивелирование: геометрическое (нивелирование горизонтальным лучом), тригонометрическое (нивелирование наклонным лучом), барометрическое, гидростатическое и другие.

Геометрическое нивелирование выполняется специальным геодезическим прибором — нивелиром — с использованием нивелирования из середины и нивелирования вперед.

В нашей стране выпускаются нивелиры трех типов: высокоточные с ошибкой измерения превышения не более 0,5 мм на 1 км хода, точные — с

ошибкой 3 мм на 1 км хода и технические с ошибкой измерения превышений 10 мм на 1 км хода. В состав нивелиров входят соответствующие типы нивелирных реек. Например, рейка типа РН-05 (односторонняя, штриховая, с инварной полосой) применяется для измерения превышений с точностью 0,5 мм на 1 км хода; рейка РН-10 (деревянная, двухсторонняя, шашечная — рис. 1.12) применяется для измерения превышений с точностью 10 мм на 1 км хода. Длина реек бывает различной: 1 200, 1 500, 3 000 и 4 000 мм; складные рейки дополнительно маркируются буквой С, например, РН-10С.



Рис. 1.12. Нивелирная рейка

При нивелировании из середины нивелир устанавливают посередине между точками А и В, а на точках А и В ставят рейки с делениями (рис. 1.13, а). При движении от точки А к точке В рейка в точке А называется задней, рейка в точке В — передней. Сначала наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет а, затем наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчет b. Превышение точки В относительно точки А рассчитывают по формуле: $h = a - b$. Если $a > b$, то превышение считается положительным, если $a < b$ — то отрицательным. Отметка точки В вычисляется по формуле: $H_b = H_a + h$. Высота визирного луча над уровнем моря $H_r = H_a + a = H_b + b$ называется *горизонтом прибора*.

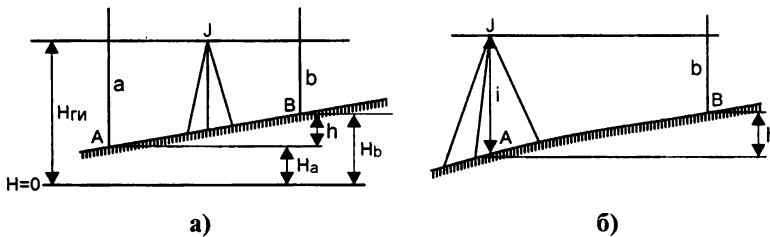


Рис. 1.13. К понятию нивелирования

Анализ показывает [1], что при нивелировании из середины практически полностью исключаются погрешности, вызванные кривизной земной поверхности и рефракцией (нелинейностью) распространения светового луча.

При нивелировании вперед нивелир устанавливают над точкой А так, чтобы окуляр трубы был на одной отвесной линии с точкой. На точку В ставят рейку. Измеряют высоту нивелира i над точкой А и берут отсчет b по рейке (рис. 1.13, б); превышение подсчитывают по формуле: $h = i - b$. Если точки А и В находятся на большом расстоянии одна от другой и превышение между ними нельзя измерить с одной установки нивелира, то на линии АВ намечают промежуточные точки 1, 2, 3 и т. д. и измеряют превышение по частям.

Тригонометрическое (геодезическое или нивелированием наклонным лучом) выполняется теодолитом; для определения превышения между двумя точками нужно измерить угол наклона и расстояние. В точке А устанавливают теодолит, в точке В — рейку или вежу известной высоты V. Измеряют угол на-

клона зрительной трубы теодолита при наведении ее на верх вехи или рейки (рис. 1.14). Длину отрезка LK можно представить как сумму отрезков LC и СК с одной стороны и как сумму отрезков LB и BK с другой. Отрезок LC определяется из ∇JLC : $LC = S \cdot \operatorname{tg} v$, где S — расстояние (в сотнях метров). Ошибка измерения превышения при тригонометрическом нивелировании оценивается величиной от 2 см до 10 см на 100 м расстояния.

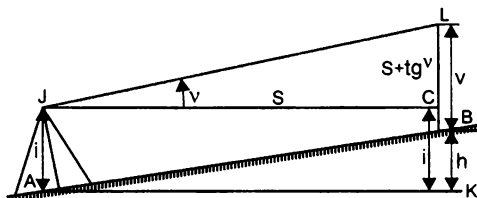


Рис. 1.14. Геодезическое нивелирование

Гидростатическое нивелирование выполняется с помощью сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью. Жидкость устанавливается в обоих сосудах на одном уровне (на одной отметке). Если высота столба жидкости в первом сосуде равна c_1 , а во втором — c_2 (рис. 1.15), то превышение точки В относительно точки А будет равно $h = c_1 - c_2$.

Точность гидростатического нивелирования зависит от расстояния между сосудами, типа жидкости, диапазона измерения превышения, конструкции отчетного устройства и других условий. Среднеквадратическая ошибка измерения превышения лучшими гидростатическими нивелирами достигает 5...10 мкм; диапазон измерения превышений при этом невелик — всего около 1 см; при расстоянии между сосудами до 500 м можно измерить превышение с ошибкой около 10 мм.

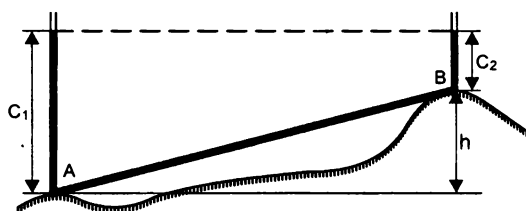


Рис. 1.15. Гидростатическое нивелирование

Барометрическое нивелирование основано на зависимости атмосферного давления от высоты точки над уровнем моря. Известно, что с увеличением высоты на 10 м давление падает примерно на 1 мм ртутного столба. Приближенное значение превышения между точками 1 и 2 можно вычислить по формуле: $h = H_2 - H_1 = \Delta H(P_1 - P_2)$, где P_1 и P_2 — давление в первой и во второй точках; ΔH — барометрическая ступень (выбирается из специальных таблиц). Более точные формулы (например, Лапласа [1]) учитывают закономерности распределения плотности и температуры воздуха по высоте. В общем же точность барометрического нивелирования невысока: среднеквадратическая ошибка измерения превышения колеблется от 0,3 м в равнинных районах и до 2 м и более в горных.

В геодезии измерения делятся на *необходимые* и *избыточные*. Если количество неизвестных величин равно t , а количество измерений равно $n > t$, то t измерений являются необходимыми, а $(n - t)$ — избыточными. Например, чтобы узнать значение угла, достаточно измерить его один раз ($t = 1$); на практике угол можно измерять несколькими способами, получая n его значений; следовательно, $(n - 1)$ измерений избыточны. При этом для получения единственного решения используют одно или несколько дополнительных условий. В геодезии такое условие записывается в виде: $p_i(V_i)^2 = \min$, т. е. из всех возможных решений выбирается такое, при котором сумма квадратов поправок V_i в результаты измерений имеет наименьшее значение (p_i — вес i -го измерения, если они выполняются приборами разной точности). Приведенное условие называют *уравниванием* (оцениванием) *по методу наименьших квадратов* (МНК).

Уравнивание по МНК можно выполнить двумя способами: *параметрическим* или *коррелятным*. Если n — общее количество измерений, t — количество определяемых параметров и r — количество избыточных измерений ($r = n - t$), то при первом способе сначала получают приближенные значения определяемых параметров с количеством t поправок, а затем составляют n параметрических уравнений (по количеству измерений), преобразуют их и получают t нормальных уравнений с t неизвестными параметрами с последующим их решением. При втором способе составляют r условных уравнений с n неизвестными поправками к результатам измерений и после их преобразования получают r нормальных уравнений с r неизвестными вспомогательными множителями, называемыми *коррелатами*. После решения системы из r находят значения коррелат и по ним вычисляют поправки к измерениям. Если $t > r$, то предпочтительнее второй вариант, если $t < r$, то — первый (в том числе и при использовании ЭВМ).

В результате уравнивания: вычисляют наиболее надежные и наиболее достоверные значения неизвестных величин; вычисляют и оценивают поправки в измеренные параметры в соответствии с геометрическими условиями конкретной модели; выполняют оценку точности уравненных параметров модели.

При многократных измерениях одной и той же величины результаты измерений получаются неодинаковыми из-за грубых, систематических и случайных ошибок. *Грубые ошибки* являются результатом промахов и просчетов. *Систематические ошибки* имеют вполне определенный характер: если их источник обнаружен и изучен, то можно получить формулу влияния этой ошибки на результат измерения и затем ввести в него поправку. *Случайные ошибки* измерений обусловлены неточностью способа измерений, неточностью измерительного прибора, квалификацией исполнителя, влиянием внешних условий и имеют статистический характер. Причем абсолютные значения случайных ошибок не превосходят некоторого предела; если какая-либо ошибка выходит за этот предел, она считается грубой; положительные и отрицательные случайные ошибки равновозможны; среднее арифметическое случайных ошибок стремится к нулю при неограниченном возрастании числа измерений; малые по абсолютной величине случайные ошибки встречаются чаще, чем большие. Кроме того, во всей массе случайных ошибок не должно быть явных закономерностей ни по знаку, ни по величине. Если она обнаруживается, то это указывает на наличие систематической ошибки.

Для оценки точности измерений в геодезии используется введенная Гауссом среднеквадратическая ошибка $m = (\Delta^2/n)$, где n — количество измерений; Δ^2 — сумма квадратов отклонений результата каждого измерения от среднего арифметического (см. ниже).

Опыт показывает, что:

- достаточно надежное значение m получается уже при $n = 8$;
- предельная ошибка ряда измерений не превышает $3m$ (на практике принимается равным $2...2,5m$).

Среднеквадратическая ошибка функции нескольких аргументов (измеренных величин) $F = f(X, Y, Z \dots)$ определяется формулой [1]:

$$m^2 = (\partial f/\partial x)^2(m_x)^2 + (\partial f/\partial y)^2(m_y)^2 + (\partial f/\partial z)^2(m_z)^2 + \dots \quad (1.1)$$

Например, для функции $F = kX$ — $m^2 = k^2(m_x)^2$; для $F = aX \pm bY$ — $m^2 = a^2(m_x)^2 + b^2(m_y)^2$; для $F = X \operatorname{tg} Y$ — $m^2 = \operatorname{tg}^2 Y (m_x)^2 + X^2(m_y)^2/\cos^4 Y$.

Если функция представляет произведение нескольких аргументов, например, $F = x \cdot y \cdot z$, то для нее относительная ошибка:

$$(m/F)^2 = (m_x/x)^2 + (m_y/y)^2 + (m_z/z)^2 \quad (1.2)$$

Если число аргументов t больше одного, то возникает задача нахождения t неизвестных из одного уравнения, которую можно решить, применяя *принцип равных влияний*, согласно которому все слагаемые правой части формулы (1.1) или (1.2) считаются равными между собой.

Если имеется n измерений одной величины X , то сумма результатов этих измерений, разделенная на n , дает ее *среднее арифметическое значение*, которое при неограниченном возрастании количества измерений стремится к ее истинному значению. Среднеквадратическая ошибка среднего арифметического $M = m/(n)^{1/2}$, т. е. она в корень из n раз меньше ошибки одного измерения.

Поскольку в большинстве случаев истинное значение измеряемой величины неизвестно, то на практике оценку точности выполняют по отклонениям V_i каждого измерения от среднего арифметического. При этом для вычисления среднеквадратической ошибки используется формула:

$$M = [S(V_i)^2/n(n-1)]^{1/2},$$

где $S(V_i)^2$ — сумма квадратов отклонений (или уклонений, как это принято называть в геодезии).

1.7. Определение прямоугольных координат точки

Система прямоугольных координат на плоскости может задаваться тремя способами.

1-й способ: фиксируется местоположение центра системы — точка O ; проводится ось OX и указывается ее положительное направление; перпендикулярно к оси OX проводится ось OY с указанием ее положительного направле-

ния (в соответствии с типом системы — правая или левая); устанавливается масштаб координат вдоль осей.

Для определения координат какой-либо точки C в такой системе нужно сначала опустить перпендикуляры из этой точки на координатные оси и затем измерить длину этих перпендикуляров; длина перпендикуляра к оси OX равна координате Y , длина перпендикуляра к оси OY — координате X точки (рис. 1.16, *a*).

Кроме системы XOY можно использовать систему $X'O'Y'$, получающуюся из XOY путем переноса начала координат в точку O' (с координатами δx , δy) и поворота осей по часовой стрелке на угол α . Переход из XOY в $X'O'Y'$ выполняется по формулам:

$$X_c' = (X_c - \delta x) \cdot \cos\alpha + (Y_c - \delta y) \cdot \sin\alpha; \quad Y_c' = -(X_c - \delta x) \cdot \sin\alpha + (Y_c - \delta y) \cdot \cos\alpha.$$

Для обратного перехода используются формулы:

$$X_c = \delta x + X_c' \cos\alpha - Y_c' \sin\alpha; \quad Y_c = \delta y + X_c' \sin\alpha + Y_c' \cos\alpha.$$

2-й способ — координатная сетка: через равные расстояния проводятся две взаимно перпендикулярные параллельные линии, которые соответственно параллельны осям координат; у каждой линии подписывается значение соответствующей координаты.

3-й способ: указываются численные значения координат двух фиксированных точек.

Первый способ в геодезии является общепринятым; этим способом задается зональная система прямоугольных координат Гаусса. На топографических картах и планах система прямоугольных координат Гаусса задается вторым способом. На местности система прямоугольных координат задается третьим способом, при котором всегда можно найти несколько геодезических пунктов с известными координатами и определять положение новых точек относительно этих пунктов.

В любом геодезическом построении принято выделять три типа данных:

- исходные данные (координаты исходных пунктов, дирекционные углы исходных направлений и т. п.), которые часто принимаются условно безошибочными;
- измеряемые параметры;
- неизвестные параметры, определяемые по специально разработанному алгоритму с учетом ошибок измерений и геометрии построения.

При измерениях на плоскости угол фиксируется тремя точками: одна точка — это вершина угла, а две другие фиксируют направления 1-й и 2-й сторон угла. В простейшем случае одна точка из трех является определяемой; в общем случае определяемыми могут быть одна точка, две или все три. Если фиксируется расстояние между двумя точками, то определяемыми могут быть одна или две точки. Поскольку при измерении угла определяемая точка может располагаться в вершине угла или на одной из его сторон, то ее координаты могут быть найдены следующим образом (см. рис. 1.16, *b*):

1. В точке A с известными координатами X_A , Y_A измеряются углы α и α_{AB} ($\alpha = \alpha_{AB} + \beta$).

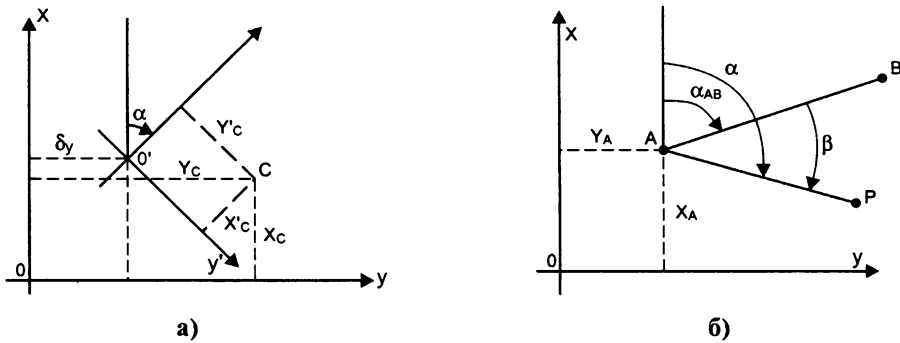


Рис. 1.16. К определению прямоугольных координат (а) и углов (б) на плоскости

2. Для прямой AP, называемой *линией положения* точки P, составляется уравнение в системе XOY:

$$Y - Y_A = (X - X_A) \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.3)$$

где X и Y — координаты любой точки прямой, включая и точку P.

3. Если известно (измерено) расстояние S от пункта A с известными координатами X_A, Y_A до определяемой точки P, то ее положение может быть определено также из уравнения окружности радиуса S с центром в точке A (рис. 1.17, а):

$$(X - X_A)^2 + (Y - Y_A)^2 = S^2, \quad (1.4)$$

где X и Y — координаты любой точки окружности, в том числе и точки P.

Определение координат X и Y точки P с помощью уравнений (1.3) и (1.4) называется *геодезическими засечками*. При этом возможны следующие варианты их использования: два уравнения типа (1.3) — *прямая угловая засечка*; два уравнения типа (1.4) — *линейная засечка*; одно уравнение типа (1.3) и одно типа (1.4) — *полярная засечка*; два измерения углов на определяемой точке — *обратная угловая засечка*; другие комбинации называются *комбинированными засечками* (см. ниже).

При *полярной засечке* исходными данными являются координаты X_A, Y_A точки A и дирекционный угол направления α_{AB} (или координаты точки B), измеряемыми параметрами являются

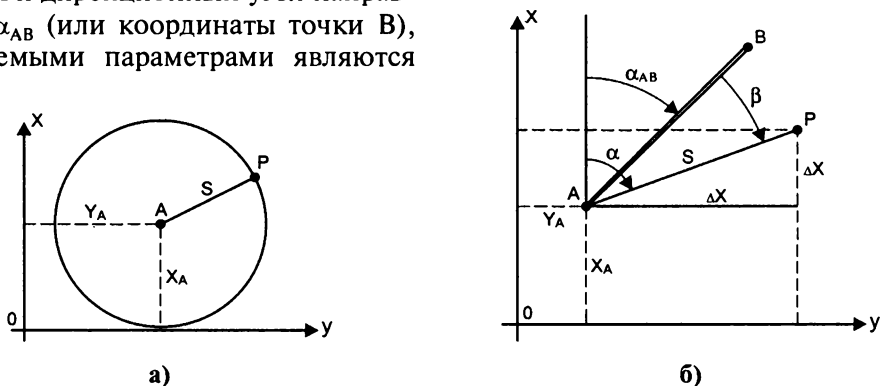


Рис. 1.17. К определению геодезических засечек

горизонтальный угол β и расстояние S , неизвестными — координаты X , Y точки P (рис. 1.17, б).

При графическом решении от направления AB откладывается транспортиром угол β и проводится прямая, после чего вокруг точки A проводится дуга окружности радиусом S в масштабе чертежа (плана или карты); точка пересечения прямой линии и дуги является искомой точкой P .

При аналитическом способе совместно решаются уравнения (1.3) и (1.4), в результате чего определяются искомые координаты точки P :

$$X = X_A + \Delta X = X_A + S \cdot \cos\alpha; \quad Y = Y_A + \Delta Y = Y_A + S \cdot \sin\alpha; \quad \alpha = \alpha_{AB} + \beta. \quad (1.5)$$

При геодезических построениях на плоскости приходится решать так называемые прямую и обратную геодезические задачи.

Прямая геодезическая задача — это вычисление координат X_2 , Y_2 второго пункта, если известны координаты X_1 , Y_1 первого, дирекционный угол и длина S линии, соединяющей эти пункты. Эта задача является частью полярной засечки и формулы для ее решения берутся из (1.5):

$$X_2 = X_1 + S \cdot \cos\alpha; \quad Y_2 = Y_1 + S \cdot \sin\alpha.$$

Обратная геодезическая задача на плоскости — это вычисление дирекционного угла β и длины S линии, соединяющей два пункта с известными координатами X_1 , Y_1 и X_2 , Y_2 (рис. 1.18, а). Для этого на отрезке 1—2 как на гипотенузе строится прямоугольный треугольник с катетами, параллельными осям координат. В этом треугольнике гипотенуза равна S , катеты равны приращениям координат точек 1 и 2 ($\Delta X = X_2 - X_1$; $\Delta Y = Y_2 - Y_1$), а один из острых углов равен румбу r линии 1—2. В таком случае $S = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{1/2}$; $r = \text{arctg}(\Delta Y/\Delta X)$. Поскольку на рис. 1.18, а направление линии 1—2 находится во второй четверти, то $\alpha = 180^\circ - r$.

При нахождении дирекционного угла β линии 1—2 определяется номер четверти по знакам приращений координат ΔX , ΔY и его значение с использованием формул: $X = r \cdot \cos\beta$, $Y = r \cdot \sin\beta$, $\text{tg}\beta = Y/X$, $r = (X^2 + Y^2)^{1/2}$. Если $\Delta X = 0$,

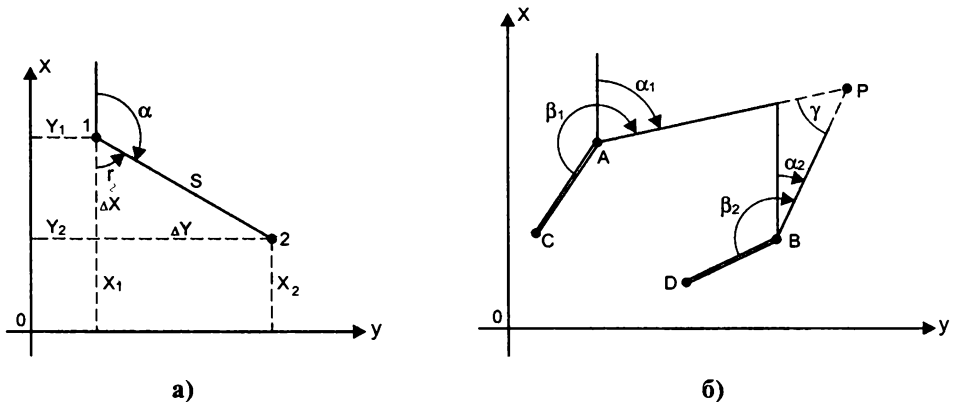


Рис. 1.18. К определению обратной геодезической задачи на плоскости (а) и прямой угловой засечки (б)

то $S = \Delta Y$, $\beta = 90^\circ 00' 00''$ при $\Delta Y > 0$ и $\beta = 270^\circ 00' 00''$ при $\Delta Y < 0$. Если $\Delta Y = 0$, то $S = \Delta X$, $\beta = 0^\circ 00' 00''$ при $\Delta X > 0$ и $\beta = 180^\circ 00' 00''$ при $\Delta X < 0$. Контролем правильности вычислений является выполнение условия: $\Delta X / \cos \alpha = \Delta Y / \sin \alpha = S$.

При решении обратной задачи на ЭВМ используются формулы:

$$S = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{1/2}; \quad \alpha = \arccos(\Delta X/S).$$

При *прямой угловой засечке* измеряются углы β_1 и β_2 в двух точках с известными координатами X_A, Y_A, X_B, Y_B и известными дирекционными углами α_{AC}, α_{BD} (рис. 1.18, б).

При графическом решении от направления AC с помощью транспортира откладывается угол β_1 и проводится прямая AP ; от направления BD откладывается угол β_2 и проводится прямая BP ; точка пересечения этих прямых является искомой точкой P .

При аналитическом решении в общем случае засечки вычисляются дирекционные углы линий AP ($\alpha_1 = \alpha_{AC} + \beta_1$), BP ($\alpha_2 = \alpha_{BD} + \beta_2$) и решаются два уравнения:

$$Y - Y_A = \operatorname{tg} \beta_1 (X - X_A) \text{ — для } AP \text{ и } Y - Y_B = \operatorname{tg} \beta_2 (X - X_B) \text{ — для } BP,$$

откуда и определяются искомые координаты X и Y .

Частным случаем прямой угловой засечки считается случай, когда углы β_1 и β_2 измерены от направлений AB и BA , причем угол β_1 — правый, а угол β_2 — левый (в общем случае засечки оба угла — левые).

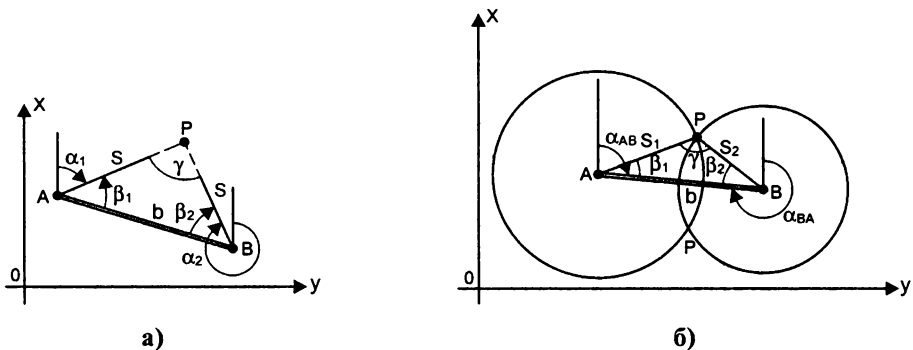


Рис. 1.19. К определению прямой угловой (а) и линейной засечки (б)

При линейной засечке (рис. 1.19, б) измеряется расстояние S_1 от точки A с известными координатами X_A, Y_A до определяемой точки P и S_2 — от точки B с известными координатами X_B, Y_B до точки P .

При графическом решении вокруг точки A проводится окружность радиусом S_1 (в масштабе чертежа), а вокруг точки B — окружность радиусом S_2 ; точка пересечения окружностей является искомой точкой; задача имеет два решения, так как две окружности пересекаются в двух точках.

При аналитическом способе используется решение обратной геодезической задачи между точками A и B с получением дирекционного угла α_{AB} , длины b линии AB и путем расчета:

- углов β_1 и β_2 с использованием формул (по теореме косинусов для треугольника ABP):

$$(S_2)^2 = b^2 + (S_1)^2 - 2bS_1\cos\beta_1; \quad (S_1)^2 = b^2 + (S_2)^2 - 2bS_2\cos\beta_2;$$

- угла засечки $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$;
- дирекционных углов сторон AP и BP для случая, когда точка P находится справа от линии AB

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 360^\circ; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BA} - \beta_2 + 360^\circ;$$

или слева от линии AB

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1 + 360^\circ; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2 - 360^\circ;$$

- решения прямых геодезических задач из точки A в точку P и из B в P , результаты которых должны совпасть:

$$X = X_A + S_1\cos\alpha_{AP}; \quad Y = Y_A + S_1\sin\alpha_{AP};$$

$$X = X_B + S_2\cos\alpha_{BP}; \quad Y = Y_B + S_2\sin\alpha_{BP}.$$

При обратной угловой засечке по известным координатам X_A, Y_A, X_B, Y_B точек A и B определяются координаты точки P (рис. 1.20, а). Для этого через них проводится окружность. Поскольку угол с вершиной на окружности измеряется половиной дуги, на которую он опирается, то центральный угол, опирающийся на ту же дугу, будет равен 2β . При известном расстоянии b между точками A и B из прямоугольного треугольника FCB определяется радиус окружности $R = b/2\sin\beta$ и составляется ее уравнение:

$$(X - X_C)^2 - (Y - Y_C)^2 = R^2,$$

где X и Y — координаты любой точки окружности, в том числе и точки P ; X_C, Y_C — координаты центра окружности, которые можно вычислить, решив прямую угловую или линейную засечку с точек A и B на точку C .

Дальнейший процесс решения рассматриваемой задачи иллюстрируется на рис. 1.20, б. Он сводится к определению координат точки P по двум углам β_1 и β_2 , измеренным на определяемой точке P между направлениями на три пункта с известными координатами A, B, C .

При графическом решении используется способ Болотова, при котором на листе прозрачной бумаги (кальки) строятся углы β_1 и β_2 с общей вершиной

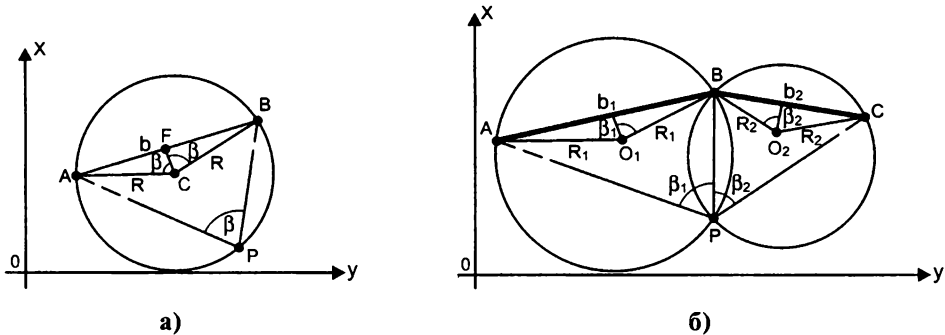


Рис. 1.20. К определению обратной угловой засечки

Р, после чего она накладывается на чертеж таким образом, чтобы направления углов на кальке проходили через пункты А, В, С на чертеже. После совмещения точка Р перекальвается (переносится) с кальки на чертеж.

При аналитическом решении задача обратной угловой засечки раскладывается на ряд более простых, например, на 2 прямых угловых засечки и одну линейную, или на 3 линейных засечки и т. д. Известно более десяти способов; ниже рассматривается один из них — через последовательное решение трех линейных засечек. При таком способе проводятся две окружности: одна радиусом R_1 через точки А, В и Р и другая радиусом R_2 через точки В, С и Р (рис. 1.20, б). Радиусы этих окружностей рассчитываются по формулам:

$$R_1 = b_1/2\sin\beta_1; \quad R_2 = b_2/2\sin\beta_2.$$

Координаты центра O_1 определяются по формулам линейной засечки из точек А и В по расстояниям R_1 , причем из двух решений берется то, которое соответствует величине угла β_1 : если $\beta_1 < 90^\circ$, то точка O_1 находится справа от линии АВ, если $\beta_1 > 90^\circ$ — то слева.

Координаты центра O_2 находятся по формулам линейной засечки из точек В и С по расстояниям R_2 , и одно решение из двух возможных выбирается по тому же правилу: если $\beta_2 < 90^\circ$, то точка O_2 находится справа от линии ВС, если $\beta_2 > 90^\circ$ — то слева. Задача не имеет решения, если все четыре точки А, В, С и Р находятся на одной окружности, так как обе окружности сливаются в одну и, следовательно, точек их пересечения не существует.

В рассмотренных способах решения засечек количество измерений принималось минимальным — два. На практике для нахождения координат Х и Y одной точки, как правило, выполняют не два, а три и более измерений расстояний и углов, причем эти измерения выполняются как на исходных, так и на определяемых точках; такие засечки называются *комбинированными*. Каждое измерение, вводимое в задачу сверх минимального количества, является избыточным. Геодезические засечки без избыточных измерений принято называть *однократными*, а засечки с избыточными — *многократными* (с n измерениями).

При наличии избыточных измерений вычисление неизвестных выполняют методом уравнивания. Алгоритмы строгого уравнивания многократных засечек применяются при использовании ЭВМ. При ручном счете используются упрощенные способы уравнивания, при которых сначала находятся решения всех возможных вариантов независимых однократных засечек (их число равно $n - 1$), а затем — вычисление средних значений координат точки.

1.8. Определение координат нескольких точек

Для определения координат нескольких точек наиболее часто используются линейно-угловой ход, система линейно-угловых ходов, триангуляция и трилатерация.

Линейно-угловой ход представляет последовательность полярных засечек, при которых измеряются горизонтальные углы и расстояния между соседними точками; известны следующие разновидности такого способа:

1. Разомкнутый ход (рис. 1.21), при котором задаются исходные пункты с известными координатами и дирекционными углами в начале и в конце хода. Если в начале или в конце хода нет исходного дирекционного угла, то это будет ход с частичной координатной привязкой; если исходных дирекционных углов в ходе совсем нет, то это будет ход с полной координатной привязкой (см. ниже).

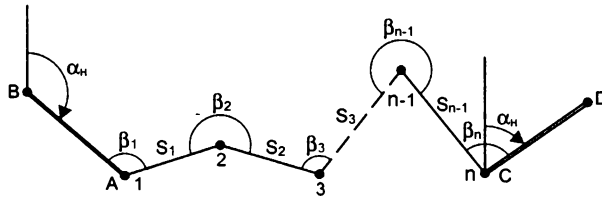


Рис. 1.21. Схема разомкнутого линейно-углового хода

2. Замкнутый линейно-угловой ход (рис. 1.22), при котором начальный и конечный пункты хода совмещены; один пункт хода, называемый исходным, имеет известные координаты и исходное направление с известным дирекционным углом, позволяющим измерять *примычный угол* между этим направлением и направлением на второй пункт хода.

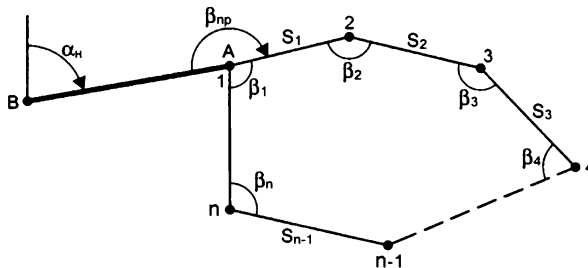


Рис. 1.22. Схема замкнутого линейно-углового хода

3. Висячий линейно-угловой ход — имеет исходный пункт с известными координатами и исходный дирекционный угол только в начале хода.

4. Свободный линейно-угловой ход — не имеет исходных пунктов и исходных дирекционных углов ни в начале, ни в конце хода.

По точности измерения горизонтальных углов и расстояний линейно-угловые ходы делятся на *теодолитные* и *полигонометрические*.

В теодолитных ходах горизонтальные углы измеряют с ошибкой не более $30''$; относительная ошибка измерения расстояний колеблется от $1/1\,000$ до $1/3\,000$. В полигонометрических ходах горизонтальные углы измеряют с ошибкой от $0,4''$ до $10''$, а относительная ошибка измерения расстояний — от $1/5\,000$ до $1/300\,000$.

Каждый определяемый пункт линейно-углового хода имеет две координаты X и Y , которые являются неизвестными и которые нужно найти. Если общее количество пунктов в ходе равно n , то количество неизвестных будет $2(n - 2)$, так как у двух пунктов (исходных начального и конечного) координаты известны; соответственно, достаточно выполнить $2(n - 2)$ измерений.

Под *привязкой* разомкнутого линейно-углового хода понимают включение в ход двух пунктов с известными координатами (это начальный и конечный исходные пункты хода) и измерение на этих пунктах углов между направлением с известным дирекционным углом и первой (последней) стороной хода; эти углы называются *примычными*. Как уже отмечалось, если на начальном или конечном пункте хода примычный угол не измеряется, то имеет место частичная или полная координатная привязка хода.

Привязка замкнутого линейно-углового хода — это включение в ход одного пункта с известными координатами и измерение на этом пункте *примычного* угла (угла между направлением с известным дирекционным углом и первой стороной хода).

Совокупность линейно-угловых ходов, имеющих общие точки, называют *системой ходов*; *узловой точкой* называется точка, в которой сходятся не менее трех ходов. Каждый ход опирается на исходный пункт с известными координатами, включая направление с известным дирекционным углом. Одну сторону какого-либо хода, проходящую через узловую точку, принимают за узловое направление (например, сторону 4—7 на рис. 1.23) и вычисляют ее дирекционный угол по каждому ходу в отдельности, начиная от начального дирекционного угла в ходе.

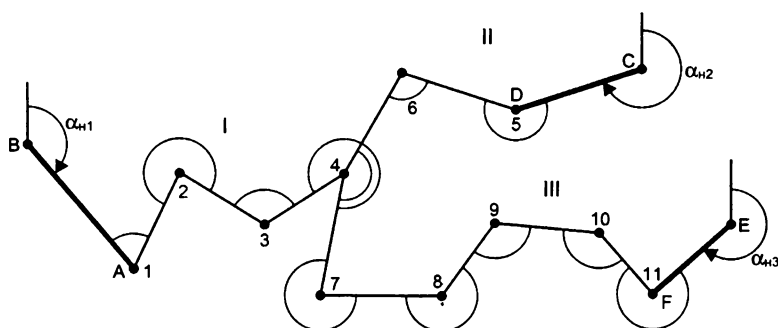


Рис. 1.23. Система линейно-угловых ходов с одной узловой точкой

Считая узловое направление исходным, т. е. имеющим известный дирекционный угол, вычисляют угловые невязки (отклонения) в каждом ходе и вводят поправки в измеренные углы. По исправленным углам вычисляют дирекционные углы всех сторон каждого хода и затем — приращения координат по всем сторонам ходов.

Вычисление координат пунктов в замкнутом линейно-угловом ходе выполняется в том же порядке, что и в разомкнутом; отличие состоит в вычислении теоретических сумм углов и приращений координат.

Триангуляция представляет собой группу примыкающих один к другому треугольников, в которых измеряют все три угла; при этом два или более пунктов имеют известные координаты, координаты остальных пунктов подлежат определению. Группа треугольников образует сплошную сеть или цепочку треугольников.

Координаты пунктов триангуляции, как правило, вычисляют на ЭВМ по программам, реализующим алгоритмы строгого уравнивания по МНК. На стадии предварительной обработки триангуляции последовательно решают

треугольники один за другим. В первом треугольнике АВР (рис. 1.24, а) известны координаты двух вершин (А и В) и его решение выполняют в следующем порядке:

- вычисляется сумма измеренных углов $C_{И}$;
- поскольку в треугольнике действительная сумма углов $C_{Д} = 180^\circ$, то угловая невязка определяется как $\Delta\beta = (C_{И} - C_{Д})/3$;
- вычисляются исправленные значения углов: $\beta = \beta_i + \Delta\beta$;
- решается обратная задача между пунктами А и В, вычисляя при этом дирекционный угол $\alpha_{АВ}$ и длину S_3 стороны АВ;
- по теореме синусов рассчитываются длины сторон АР и ВР:

$$S_1 = S_3 \sin \beta_1 / \sin \beta_3; \quad S_2 = S_3 \sin \beta_2 / \sin \beta_3;$$

- вычисляются дирекционные углы сторон АР и ВР:

$$\alpha_2 = \alpha_{АВ} + \beta_1; \quad \alpha_1 = \alpha_{ВА} - \beta_2;$$

- решается прямая геодезическая задача из пункта А на пункт Р и для контроля — из пункта В на пункт Р; при этом оба решения должны совпасть.

В сплошных сетях триангуляции, кроме углов в треугольниках, измеряют длины отдельных сторон треугольников и дирекционные углы некоторых направлений; эти измерения выполняются с большей точностью и играют роль дополнительных исходных данных.

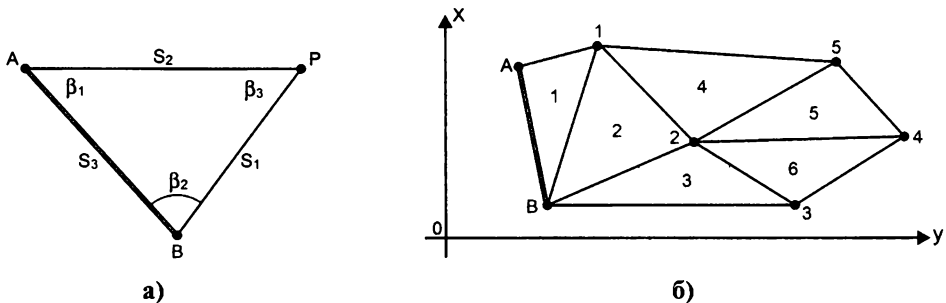


Рис. 1.24. Треугольник триангуляции (а) и сеть трилатерации (б)

Трилатерация представляет сплошную сеть примыкающих один к другому треугольников, в которых измеряются длины всех сторон; два пункта, как минимум, должны иметь известные координаты (рис. 1.24, б).

Решение первого треугольника трилатерации, в котором известны координаты двух пунктов и измерены две стороны, выполняются по формулам линейной засечки с указанием стороны (справа или слева), где располагается пункт 1 относительно опорной линии АВ. Во втором и последующих треугольниках также оказываются известными координаты двух пунктов и длины двух сторон; их решения тоже выполняются по формулам линейной засечки.

Можно поступить и по-другому: сначала вычислить углы первого треугольника по теореме косинусов, а затем, используя эти углы и дирекционный угол стороны АВ, вычислить дирекционные углы сторон А-1 и В-1 и решить прямую геодезическую задачу от пункта А на пункт 1 и от пункта В на пункт 1.

Автономное определение координат точек выполняется с помощью спутниковых навигационных систем (СНС). В настоящее время функционируют навигационные системы 1-го поколения ЦИКАДА (Россия), TRANSIT (США) и системы 2-го поколения ГЛОНАСС (Россия) и NAVSTAR-GPS (США) (см. гл. 2). Наземный командно-измерительный комплекс системы NAVSTAR-GPS включает координационно-вычислительный центр, командно-измерительную станцию, несколько станций слежения (Аляска, Калифорния, Гавайские острова и остров Гуам) и станции закладки служебной информации (в штатах Северная Дакота и Калифорния).

При использовании российских навигационных систем координаты определяемых пунктов получают в системе координат 1942 года (СНС ЦИКАДА) или в системе СГС-90 (СНС ГЛОНАСС), при использовании американских систем — в системе координат WGS-84 (см. раздел 1.2).

В спутниковых навигационных системах 1-го поколения для определения местоположения используется эффект сдвига частот радиоизлучения движущегося источника (эффект Доплера). Одно наблюдение спутника позволяет написать уравнение одной линии положения, имеющей форму гиперболы (доплеровский дифференциальный метод) или более сложной кривой изодопы (доплеровский интегральный метод). При n измерений положение наблюдателя получается в одной из точек пересечения n соответствующих гипербол или изодоп.

В период с 1987 по 1993 год для общего повышения точности и однородности государственной геодезической сети СССР создана доплеровская геодезическая сеть из 136 пунктов, равномерно расположенных по всей территории.

В спутниковых навигационных системах 2-го поколения измеряются «дальности», т. е., расстояния от определяемой точки до спутников, координаты которых известны на любой момент времени. Геометрическая идея такого определения заключается в нахождении положения точки из линейной пространственной засечки; положение точки фиксируется тремя прямоугольными координатами X, Y, Z или геодезическими координатами на эллипсоиде (широтой B и долготой L) и высотой H над поверхностью эллипсоида.

Поскольку при обработке наблюдений спутников приходится учитывать параметр «время», то для однозначного решения засечки требуется наблюдать 4 спутника, в наилучшем случае расположенных равномерно по азимуту (через 90°) и под углом наклона $\nu = 40^\circ \dots 60^\circ$ к горизонту (рис. 1.25).

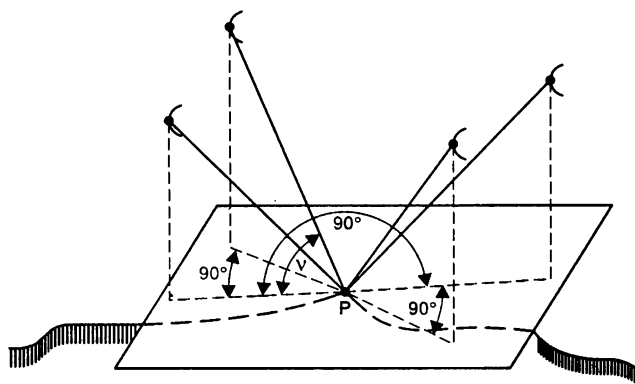


Рис. 1.25. К определению координат точки с помощью СНС

Измерив расстояния D_i до трех навигационных спутников Земли, гринвичские координаты которых известны (X_i, Y_i, Z_i , где $i = 1, 2, 3$), для дальностей можно получить систему из трех уравнений

$$D_1 = [(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 + (Z_p - Z_1)^2]^{1/2};$$

$$D_2 = [(X_p - X_2)^2 + (Y_p - Y_2)^2 + (Z_p - Z_2)^2]^{1/2};$$

$$D_3 = [(X_p - X_3)^2 + (Y_p - Y_3)^2 + (Z_p - Z_3)^2]^{1/2},$$

откуда определяются гринвичские координаты точки X_p, Y_p, Z_p , которые позволяют найти ее географические координаты — долготу L , широту B и высоту H — по формулам:

$$L = \arctg(Y_p / X_p);$$

$$B = \arctg\{Z_p / [(X_p)^2 + (Y_p)^2]^{1/2}\};$$

$$H = [(X_p)^2 + (Y_p)^2]^{1/2} / \cos B - R,$$

где R — радиус земной сферы.

1.9. Топографические карты и планы

1.9.1. Масштабы топографических карт

Напомним, что масштаб — это степень уменьшения горизонтальных проложений линий местности при изображении их на плане, карте или аэроснимке. Различают *численный* и *графические* масштабы; к последним относятся *линейный, поперечный и переходный*.

Численный масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе стоит число, показывающее степень уменьшения горизонтальных проложений. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде $1:M$, например, $1:10\,000$. Если длина линии на карте равна s , то горизонтальное проложение $S = s \cdot M$.

В нашей стране приняты следующие масштабы топографических карт: $1:1\,000\,000$, $1:500\,000$, $1:200\,000$, $1:100\,000$, $1:50\,000$, $1:25\,000$, $1:10\,000$. Этот ряд называется стандартным (раньше сюда входили также масштабы $1:300\,000$, $1:5\,000$ и $1:2\,000$).

Линейный масштаб относится к графическим; он помещается внизу листа карты и строится в соответствии с численным масштабом карты в следующем порядке (рис. 1.26):

- проводится прямая линия и на ней несколько раз подряд откладывается отрезок a постоянной длины, называемый *основанием масштаба* (при длине основания $a = 2$ см линейный масштаб называется *нормальным*); например, для масштаба $1:10\,000$ отрезку a соответствует 200 м;
- у конца первого отрезка ставится нуль, слева от нуля подписывают одно основание масштаба и делят его на 20 частей, а справа от нуля подписывают несколько оснований;

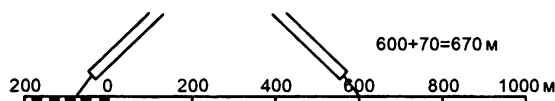


Рис. 1.26. Линейный масштаб

- параллельно основной прямой проводят еще одну прямую и между ними прочерчивают короткие штрихи;
- длина линии на карте измеряется циркулем, после чего его одна игла ставится на целое основание так, чтобы другая игла находилась внутри первого основания; с масштаба получают два отсчета: N_1 — по первой (правой) игле и N_2 — по левой; длина линии равна сумме отсчетов $S = 1 + N_2$.

Поперечный масштаб формируется следующим образом (рис. 1.27):

- на прямой CD несколько раз откладывается основание масштаба — отрезок $a = 2$ см;
- в полученных точках-делениях восстановим перпендикуляры к линии CD ;
- на крайних перпендикулярах отложим вверх от линии CD m отрезков постоянной длины и проведем линии, параллельные линии CD ;
- крайнее левое основание разделим на n равных частей и соединим i -ю точку основания CA с $(i - 1)$ -й точкой линии BL (эти линии называются *трансверсалими*).

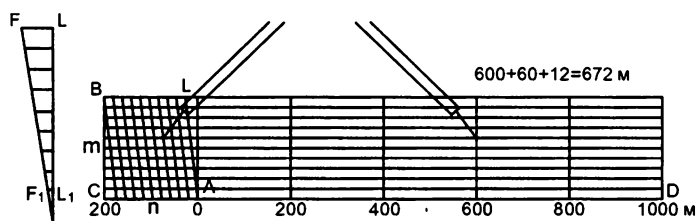


Рис. 1.27. Поперечный масштаб

Если основание масштаба равно 2 см, то масштаб называется *нормальным*; если $m = n = 10$, то масштаб называется *сотенным*.

Наименьшее деление поперечного масштаба равно отрезку $F_1L_1 = a/mn$; при $m = n = 10$ имеем $F_1L_1 = a/100$, т. е. у сотенного масштаба цена наименьшего деления равна одной сотой доле основания.

Порядок использования поперечного масштаба:

- циркулем-измерителем фиксируется длина линии на карте, после чего одна его ножка ставится на целое основание, а другая — на любую трансверсаль, при этом обе ножки циркуля должны располагаться на линии, параллельной линии CD ;
- длина линии составляется из трех отсчетов: отсчет целых оснований, умноженный на цену основания, плюс отсчет делений левого основания, умноженный на цену деления левого основания, плюс отсчет делений вверх по трансверсали, умноженный на цену наименьшего деления масштаба; точность измерения длины линий по поперечному масштабу оценивается половиной цены его наименьшего деления.

Переходный масштаб используется в нестандартных случаях, например, при использовании карты или аэроснимка с нестандартным масштабом, что достаточно неудобно для практических работ. В таких случаях основание поперечного масштаба берут не 2 см, а рассчитывают так, чтобы оно соответствовало круглому числу метров, например, 400 м. Длина основания в этом случае будет, скажем, $a = 400 \text{ м} / 175 \text{ м} = 2,28 \text{ см}$.

Если теперь построить поперечный масштаб с длиной основания $a = 2,28 \text{ см}$, то одно деление левого основания будет соответствовать 40 м, а цена наименьшего деления будет равна 4 м. Таким образом, поперечный масштаб характеризуется дробным основанием.

Точность масштаба — это длина горизонтального проложения линии местности, соответствующего на карте отрезку 0,1 мм. Практический смысл этого понятия заключается в том, что детали местности, имеющие размеры меньше точности масштаба, на карте в масштабе изобразить невозможно, и приходится применять так называемые немасштабные условные знаки.

1.9.2. Разграфка и номенклатура топографических карт

Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов, а схема взаимного расположения отдельных листов называется *разграфкой*.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры; ее основой является лист карты масштаба 1:1 000 000.

Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 6° по долготе и 4° по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют *ряды*, которые обозначаются буквами латинского алфавита от А до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами, образуют *колонны*. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180° ; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса (см. раздел 1.7), имеет порядковый номер 31. Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37.

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа — 3° по долготе и 2° по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-А.

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Размеры листа — 1° по долготе и $40'$ по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXXVI, например, N-37-XXIV.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионного масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Размеры листа: $30'$ по

долготе и 20' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа слева числа от 1 до 144, например, N-37-144.

Листы карты масштаба 1:50 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа: 15' по долготе и 10' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100 000 справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа: 7'30" по долготе и 5' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа строчную букву русского алфавита а, б, в, г, например, N-37-144-А-а.

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа: 3'45" по долготе и 2'30" по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-37-144-А-а-1.

Севернее 60-й параллели листы карт издаются двояными по долготе, севернее 76-й параллели — четверными.

1.9.3. Разграфка и номенклатура крупномасштабных планов

Для планов масштабов 1:5 000 и 1:2 000, создаваемых на участке незастроенной территории площадью более 20 км², в основу разграфки положен лист карты масштаба 1:100 000, (так называемая государственная система разграфки и номенклатуры). Листы планов создаются в трехградусных зонах; сетка прямоугольных координат строится в виде квадратов 10 × 10 см.

Листы планов масштаба 1:5 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 256 частей меридианами и параллелями. Размеры листа: 1'52,5" по долготе и 1'15" по широте.

Номенклатуру листа плана масштаба 1:5 000 получают, добавляя к номенклатуре листа карты 1:100 000 справа в скобках число от 1 до 256, например, N-37-144-(256).

Листы планов масштаба 1:2 000 получают делением листа масштаба 1:5 000 на 9 частей меридианами и параллелями. Размеры листа — 37,5" по долготе и 25" по широте. Номенклатуру листа плана масштаба 1:2 000 получают, добавляя к номенклатуре листа плана 1:5 000 справа в скобках строчную букву русского алфавита от *а* до *и*, например, N-37-144-(256-и).

Для топографических планов, создаваемых на территории городов и на участки незастроенной территории площадью менее 20 км², применяется прямоугольная разграфка. За ее основу принимается лист плана масштаба 1:5 000; листы плана масштаба 1:5 000 нумеруются на участке съемки порядковыми номерами от 1 и далее.

Лист плана масштаба 1:5 000 делится на 4 части и получают листы плана масштаба 1:2 000, которые обозначаются русскими заглавными буквами, на-

пример, 5-Г. Лист плана масштаба 1:2 000 делится на 4 листа масштаба 1:1 000 или на 16 листов масштаба 1:500. Листы плана масштаба 1:1 000 обозначаются римскими цифрами от I до IV, например, 5-Г-IV; листы плана масштаба 1:500 обозначаются числами от 1 до 16, например, 5-Г-16.

Размеры листа плана масштаба 1:5 000 — 40 × 40 см; размеры листа плана масштабов 1:2 000, 1:1 000, 1:500 — 50 × 50 см.

На одном листе плана масштаба 1:5000 изображается участок местности площадью 4 км² (400 га), на листе плана масштаба 1:2 000 — 1 км² (100 га), на листе плана масштаба 1:1 000 — 25 га, на листе плана масштаба 1:500 — 6,25 га.

1.9.4. Координатные сетки

Существуют два вида координатной сетки: *картографическая*, образуемая линиями меридианов и параллелей, и *сетка прямоугольных координат*, образуемая линиями, параллельными осям координат ОХ и ОУ.

На топографических картах меридианы и параллели являются границами листа карты; в углах карты подписываются их долгота и широта. Внутри листа вычерчивается сетка прямоугольных координат в виде квадратов, называемая иногда километровой сеткой, так как на картах масштаба 1:10 000 и мельче линии сетки проводятся через целое число километров.

Вертикальные линии сетки $Y = \text{const}$ параллельны осевому меридиану зоны (оси ОХ), горизонтальные $X = \text{const}$ — оси ОУ; значения координат X, Y подписываются у каждой линии.

Для удобства пользования листами карт, на которых изображены граничные участки зоны, на них показывается сетка прямоугольных координат соседней зоны. Ширина граничной полосы с сеткой соседней зоны составляет 2° по долготе с обеих сторон зоны. Выходы линий координатной сетки соседней зоны наносятся на внешнюю сторону рамки листа карты.

1.9.5. Условные знаки топографических карт

Объекты местности, ситуация и некоторые формы рельефа изображаются на топографических картах условными знаками. Различают четыре типа условных знаков: контурные или площадные, линейные, внемасштабные и пояснительные подписи.

Контурные условные знаки служат для изображения объектов, занимающих определенную площадь и выражающихся в масштабе карты. Контур вычерчивают точечным пунктиром или тонкой сплошной линией и заполняют условными значками леса, луга, сада, огорода, болота и т. д.

Линейные условные знаки служат для изображения линейных объектов: дорог, ЛЭП, линий связи, различных продуктопроводов и т. д. Масштаб по линии равен масштабу карты, а в поперечнике — на несколько порядков крупнее.

Внемасштабные условные знаки служат для показа объектов, не выражающихся в масштабе карты: геодезических пунктов, километровых столбов, теле- и радиовышек, фабрик, заводов, различного рода опор и т. п. Местоположение объекта соответствует характерной точке условного знака, которая может располагаться в центре условного знака, в середине его основания и т. д.

Пояснительные подписи служат для дополнительной характеристики объектов: у брода через реку подписывают глубину и характер грунта, у моста — его длину, ширину и грузоподъемность, у дороги — ширину проезжей части и характер покрытия и др.

В традиционной картографии принято деление всех объектов местности на 8 классов (сегментов): рельеф, гидрография, населенные пункты, предприятия, дорожная сеть, растительность и грунты, границы и подписи. В соответствии с этим делением объектов составляются таблицы условных знаков, которые утверждаются государственными органами и издаются в форме обязательных для исполнения документов.

1.9.6. Изображение рельефа на картах и планах

К основным формам рельефа относятся: гора, котловина, хребет, лощина, седловина.

Гора (или холм) — это возвышенность конусообразной формы. Она имеет характерную точку — вершину, боковые скаты (или склоны) и характерную линию слияния боковых скатов с окружающей местностью — *линию подошвы*. На скатах горы иногда бывают горизонтальные площадки, называемые *уступами*.

Котловина — это углубление конусообразной формы. Она имеет характерную точку — дно, боковые скаты (или склоны) и характерную линию слияния боковых скатов с окружающей местностью — *линию бровки*.

Хребет — это вытянутая и постепенно понижающаяся в одном направлении возвышенность. Он имеет одну линию водораздела, образуемую боковыми скатами при их слиянии вверху, и две линии подошвы.

Лощина — это вытянутое и открытое с одного конца постепенно понижающееся углубление; она имеет одну линию водослива (или линию тальвега), образуемую боковыми скатами при их слиянии внизу, и две линии бровки.

Седловина — это небольшое понижение между двумя соседними горами; как правило, седловина является началом двух лощин, понижающихся в противоположных направлениях. Седловина имеет одну характерную точку, расположенную в ее самом низком месте.

Существуют разновидности перечисленных основных форм, например, разновидности лощины: долина, овраг, каньон, промоина, балка и т. п. Иногда разновидности основных форм характеризуют особенности рельефа конкретного участка местности, например, в горах бывают пики — остrokонечные вершины гор, ущелья, теснины, щеки, плато, перевалы и т. д.

Вершина горы, дно котловины, точка седловины являются характерными точками рельефа; линия водораздела хребта, линия водослива лощины, линия подошвы горы или хребта, линия бровки котловины или лощины являются характерными линиями рельефа.

Способы изображения рельефа должны обеспечивать хорошее пространственное представление о рельефе местности, надежное определение направлений и крутизны скатов и отметок отдельных точек. За время существования геодезии было разработано несколько способов изображения рельефа, например:

Способ отмывки, используемый на мелкомасштабных картах, при котором поверхность Земли показывается коричневым цветом: чем больше отметки, тем гуще цвет; глубины моря обозначаются голубым или зеленым цветом: чем больше глубина, тем гуще цвет.

Способ отметок, при котором на карте подписывают отметки отдельных точек местности, а также используемый в сочетании с ним *способ горизонталей* (рис. 1.28), при котором участок местности рассекается горизонтальными плоскостями (горизонталями), расположенными на одинаковом расстоянии по высоте одна от другой. Это расстояние называется высотой сечения рельефа и обозначается буквой h . На местности горизонтали не пересекаются, так как они лежат в разных параллельных плоскостях.

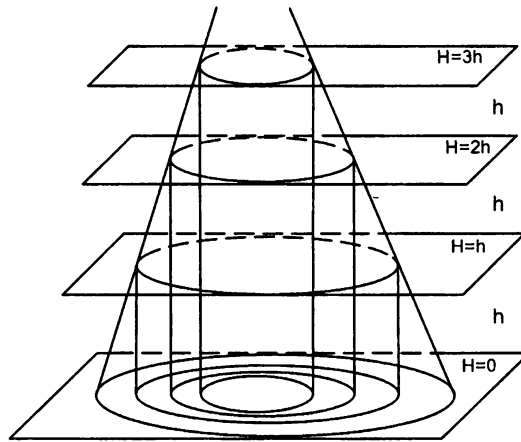


Рис. 1.28. Способ отметок с использованием горизонталей

Все основные формы рельефа имеют свой рисунок горизонталей; при этом и гора и котловина изображаются системами замкнутых горизонталей. Чтобы различить эти формы рельефа, а также для некоторых других целей на карте принято показывать направление скатов вниз; для этого применяются *бергштрихи* — короткие штрихи, перпендикулярные горизонталям и направленные по скату вниз.

Основные горизонтали имеют отметки, кратные высоте сечения рельефа h , начиная от нуля счета высот. Для выражения характерных особенностей рельефа рекомендуется проводить полугоризонтали и четвертьгоризонтали; они проводятся штриховыми линиями через половину и четверть сечения рельефа на отдельных участках карты, где расстояние между основными горизонталями слишком большое.

Каждая пятая основная горизонталь при $h = 1, 2, 5, 10$ м и каждая четвертая при $h = 0,5$ и $2,5$ м утолщаются. Отметки некоторых горизонталей на карте подписывают, ориентируя основания цифр вниз по склону.

Из рис. 1.28 видно, что расстояние между горизонталями на горизонтальной проекции участка зависит от крутизны ската. При одинаковой высоте сечения рельефа расстояние между горизонталями тем меньше, чем круче скат. Крутизна ската характеризуется углом наклона ν . Тангенс угла наклона

$\operatorname{tg} v = h/a = i$ называется *уклоном*; обычно он измеряется в процентах или промилле (тысячной части целого).

Если расsects скат горы горизонтальными плоскостями при высоте сечения h (рис. 1.29, а), то на участке BC скат будет иметь угол наклона v_1 , на участке CD — угол наклона v_2 . Расстояние a_1 — горизонтальное проложение линии ската BC — называется *заложением*.

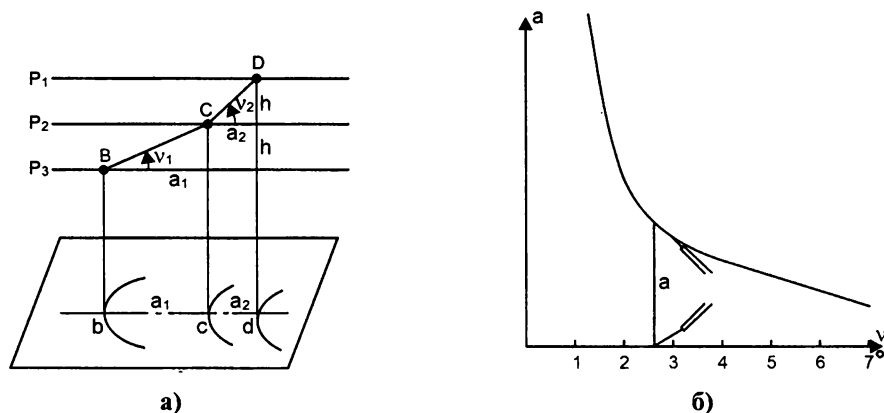


Рис. 1.29. Формирование отметок

Заложение, перпендикулярное к горизонталям, называется *заложением ската* и представляет собой горизонтальную проекцию линии наибольшей крутизны ската в данной точке и принимается за направление ската. Измерив на карте отрезок a и зная высоту сечения рельефа h , можно вычислить тангенс угла наклона, а затем и сам угол наклона v . Для быстрого определения угла наклона по карте пользуются графиком заложений, который строится следующим образом (рис. 1.29, б):

- вычисляют заложение ската по заданной высоте сечения рельефа для разных углов наклона: $0,5^\circ$, 1° , 2° и т. д.;
- проводят прямую линию и откладывают на ней равные отрезки длины, которые подписывают в градусах угла наклона;
- перпендикулярно этой линии откладывают в масштабе карты заложения ската, вычисленные для каждого значения угла наклона, и соединяют полученные точки плавной кривой;
- полученный график помещается внизу листа карты справа.

Аналогично можно построить график заложения для уклонов i .

Если теперь требуется определить угол наклона для конкретного заложения ската a , то раствором циркуля, равным a , находят соответствующее место на графике и считывают угол наклона (на рис. 1.29, б $v = 4^\circ 30'$).

При проектировании работ по созданию карты или плана высоту сечения рельефа h выбирают в зависимости от масштаба карты, характера рельефа и назначения карты или плана. При этом условились изображать горизонталями скаты до 45° ; скаты большей крутизны изображают специальным условным знаком обрыва. Считается также, что наименьшее расстояние между горизонталями на карте не может быть меньше $0,2$ мм. При таком расстоянии,

масштабе M и угле 45° высоту сечения рельефа можно подсчитать по формуле: $h = 0,2M$. Например, для масштаба $1:M = 1:5\ 000$ получим $h = 1$ м.

Чтобы провести на карте (или плане) горизонтали, необходимо иметь точки с известными отметками, которые называются *пикетами*. Пусть даны пикеты 1, 2, 3, 4 (рис. 1.30, а) и предполагается, что вдоль линий 1-2, 1-3, 1-4, 2-3 и 3-4 местность имеет равномерный уклон. Требуется провести горизонтали внутри участка, ограниченного линиями 1-2, 2-3, 3-4, 4-5; высота сечения рельефа $h = 1$ м.

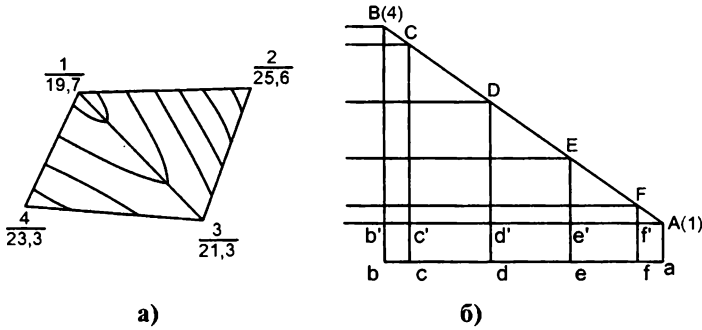


Рис. 1.30. К выполнению заложений

Процесс нахождения на линии, соединяющей два пикета, точек, через которые пройдут горизонтали, называется *интерполированием горизонталей*. Известны три способа интерполирования: аналитический, графический и на глаз. При аналитическом способе, являющемся основой для двух остальных, на рис. 1.30, б проводится линия местности, например, 4-1, и ее горизонтальная проекция, а затем секущие плоскости, проходящие через 1 м по высоте. Обозначая точки линии 4-1 буквами А, F, E, D, С, В и спроектировав точки пересечения секущих плоскостей с линией 4-1 на ее горизонтальную проекцию, получим точки а, f, e, d, с, b. Задача заключается в вычислении расстояний af, ae, ad, ac .

Из подобия треугольников FAf' и BAb' имеем: $Af'/Ab' = Ff'/Bb'$, откуда

$$Af' = Ab'(Ff'/Bb') \text{ и } af = Af' = Ab'(HF - H1)/(H4 - H1).$$

Если рис. 1.30, б построить в масштабе карты (плана), то отрезок Ab' можно взять прямо с карты; если отметки пикетов 1 и 4 известны, то отметка точки F равна отметке первой секущей плоскости выше точки А.

Аналогично можно вычислить остальные отрезки. Отложив их на линии 4-1, получим на ней искомые точки. На отрезках 1-2, 2-3 и других таким же образом находятся точки их пересечения с горизонталями. Соединяя точки с одинаковыми отметками, получим рисунок горизонталей.

Аналитический способ применяют довольно редко ввиду его большой трудоемкости. Гораздо чаще применяют графический способ, при котором используется палетка (лист прозрачной бумаги или пластика), на котором проведены параллельные или расходящиеся прямые линии. Интерполирование на глаз применяют при небольших расстояниях между пикетами и при малых разностях отметок пикетов.

1.9.7. Цифровые топографические карты

Обычные топографические карты — это результат работы нескольких поколений ученых и специалистов разного профиля, которые создали математическую основу и десятки картографических проекций, системы разграфки и номенклатуры, наборы условных знаков для всего масштабного ряда карт, высокопроизводительные способы съемки местности, технологию создания оригиналов на жесткой недеформируемой основе, способы тиражирования цветных оттисков карт самого разного назначения.

Всеобщая информатизация и компьютеризация в создании цифровых моделей самых разных объектов и явлений не обошли стороной и топографические карты. Поэтому в настоящее время основным продуктом топографии становятся цифровые топографические карты в виде набора метрической (числовой), семантической (описательной) и логической информации об участке земной поверхности, хранящейся в закодированном виде на каком-либо носителе, доступном для компьютера. Компактность хранения информации, оперативность ее обновления и широкий набор возможностей применения ее для решения различных задач — обязательные атрибуты цифровых карт. Существующие технические и программные средства позволяют просматривать и редактировать цифровую карту на экране дисплея, выполнять различные расчеты, готовить и выводить на принтер или плоттер необходимые документы.

Цифровая топографическая карта, являясь цифровой моделью местности, включает в себя не только прежнюю (графическую) модель, но и обладает рядом новых свойств, расширяющих и упрощающих использование геодезической информации.

В геодезии появился термин ГИС — геоинформационная система. В отличие от других автоматизированных информационных систем в ГИС используется информация о земной поверхности и об объектах естественного и искусственного происхождения, расположенных на ней и вблизи нее, т. е. информационной основой ГИС являются данные о земной поверхности, представляемые в виде цифровых карт.

В 1993 году в Роскартографии был разработан проект программы цифрового картографирования Российской Федерации, основными задачами которой являются:

- создание единого и постоянно обновляемого государственного цифрового фонда картографической информации;
- разработка ГИС различного назначения: ГИС органов государственного управления, ГИС государственных границ и региональных ГИС, муниципальных территориальных и отраслевых ГИС;
- создание технической службы ведения картографических баз и банков данных;
- обеспечение всех заинтересованных потребителей, в первую очередь государственных органов, необходимой картографической информацией;
- создание цифровых карт масштабов 1:1 000 000—1:10 000 и на их основе — федерального и региональных фондов таких карт на территорию Российской Федерации.

На начальном этапе большинство цифровых карт создавались методом дигитализации (координирования множества точек) по оригиналам обычных топографических карт; затем были внедрены более совершенные растровые технологии.

При оцифровке существующих топографических карт возникает необходимость получения дополнительной информации о местности, которой на обычных картах просто нет, поэтому и здесь приходится использовать некоторые методы цифровой топографии.

При издании цифровой карты на территории, где топографическая карта нужного масштаба отсутствует, и при обновлении цифровых карт применяется принципиально новая технология, связанная с созданием геодезической основы (съёмочного обоснования), получением и расшифровкой аэроснимков местности, сбором семантической информации, разработкой ПО и форматов представления данных, вводом информации в ПК и др.

Цифровая карта в компьютере приобретает по сравнению с картой бумажной много дополнительных и полезных свойств: ее легко можно масштабировать на дисплее компьютера, двигать в разные стороны, рисовать и уничтожать объекты, печатать в привлекательном виде любые фрагменты территории и т. п. Компьютерная (цифровая) карта обладает и другими свойствами. Например, можно запрещать (или разрешать) по желанию к выводу на экран определенного класса объекты. Выбрав объект мышью, можно запросить компьютер выдать атрибутивную информацию об этом объекте (например, высоту и площадь дома, год постройки, фамилию прораба, руководившего постройкой, и др.).

Существуют и операции другого рода: дать программе команду показывать на экране все объекты, кроме тех, которые удовлетворяют определенным условиям. К примеру, оставить на экране только здания, сложенные из кирпича, построенные до 1956 года и построенные такой-то Компанией. Однако и это не все. Поскольку по каждому объекту, отображенному на цифровой карте, в памяти компьютера хранится атрибутивная (описательная) информация, то ее можно обработать, например, статистическими методами и отразить результаты такого анализа, непосредственно наложив их на карту. Карта может раскраситься в различные цвета в зависимости от значения параметра, относящегося к определенному участку отображаемой территории. Так получают карты, которые известны в бумажном виде как тематические.

Результаты статистической обработки информации, будучи наложенными на карту города, позволяют выявить некоторые весьма полезные закономерности. Так, представляет большой интерес для соответствующих служб распределение болезней по районам города, кварталам и даже жилым домам. Совмещение результатов анализа с экологической картой, картой энергетических потоков биогенного характера и др. позволяет находить взаимосвязь между причинами (факторами) и следствиями (болезнями), более адресно выяснять причины локализации заболеваний на конкретном участке территории.

Другой пример: распределение цен на объекты недвижимости сильно зависит от физических характеристик объекта (план, материал стен, площадь), а также от того, в какой части города находится эта недвижимость, как далеко она расположена от центров влияния (крупных транспортных узлов, торговых

центров), каковы экологические условия в данном районе, геологическая обстановка и т. д. Риэлторские фирмы ведут по каждому объекту недвижимости базы данных с характеристиками. Построив карту распределения цен на жилье, местной власти можно осуществлять продуманные меры по регулированию рынка недвижимости.

Выигрывают от использования цифровой карты и инженерные службы. Они могут записывать по каждому элементу инженерных коммуникаций разнообразную описательную информацию (вплоть до схем) и затем со знанием дела манипулировать ею. Нанесение на карту города информации о местах проявления аварий инженерных коммуникаций, их характере, частоте и т. д. позволяет выявить, какого рода факторы, связанные с территорией, приводят к повышенной аварийности коммуникаций.

2. Спутниковые навигационные системы (СНС)

Спутниковая радионавигация обеспечивает качественно новый уровень координатно-временного обеспечения наземных, морских, воздушных и космических потребителей, обладая такими характеристиками, как глобальность рабочей зоны, неограниченная пропускная способность, скрытность, живучесть, высокая точность и непрерывность измерений пространственных координат, скорости передвижения и пространственной ориентации, текущего времени и т. п.

СНС первого поколения — система TRANSIT (США) и ЦИКАДА (СССР) — были созданы и введены в эксплуатацию в 1960-е годы. В этих системах орбитальная группировка содержит несколько низкоорбитальных навигационных спутников на круговых орбитах с высотой около 1000 км над поверхностью Земли. Принцип действия таких систем заключается в измерении приращения фазы несущего колебания принимаемого навигационного радиосигнала либо на коротких (2 с) интервалах времени (доплеровская навигация), либо на длинных (интегрально-доплеровская навигация). Поскольку измерения приращения фазы в этом случае эквивалентны измерениям приращения дальности от объекта до спутника на заданных интервалах времени, то в приемнике пользователя на основании этих и данных о параметрах движения спутника, содержащихся в принимаемом навигационном радиосигнале, определяются две горизонтальные координаты объекта на поверхности земного эллипсоида.

Недостатками СНС первого поколения являются: невозможность определения высоты местоположения объекта; сравнительно низкая точность определения горизонтальных координат подвижного объекта (среднеквадратичная погрешность 70...100 м) из-за ошибок, вызванных его перемещениями; длительные перерывы между сеансами позиционирования: до 5 ч в приполярных и до 2 ч в экваториальных районах.

Потребность в оперативной высокоточной навигации сухопутных, морских, воздушных и низкоорбитальных космических объектов обусловили создание в 1980-е годы среднеорбитальных СНС второго поколения. Реализация такой системы в США под названием NAVSTAR (NAVigation Satellite providing Time And Range — навигационная спутниковая система для измерения времени и местоположения) [3] началась в середине 1977 г. с запуска первого спутника. С 1983 года система была открыта для использования в гражданских целях, с 1991 года сняты ограничения на продажу GPS-оборудования в страны бывшего СССР. В 1993 года система была полностью развернута. За-

траты на ее реализацию превысили 15 млрд. долларов США, а доходы от продажи GPS-оборудования достигли в настоящее более 100 млрд. В последующем появилось более распространенное название — GPS (Global Positioning System) — глобальная система местоопределения; сейчас встречается и двойное название GPS-NAVSTAR. Основным назначением этой СНС является высокоточная навигация военных объектов.

Российская система, аналогичная по назначению GPS, называется ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) [2, 6—9]. Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос 1413) состоялся 12 октября 1982 года. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 года при условии развертывания штатной орбитальной структуры (24 спутника) в 1995 году.

Системы GPS-NAVSTAR и ГЛОНАСС, как уже отмечалось, создавались в первую очередь для военных целей. Так, в войне против Югославии и Ирака 95 процентов высокоточных боеприпасов применялись с использованием системы GPS. В связи с этим возникает резонный вопрос: а есть ли антиGPS? Да, есть и их нетрудно создать, как и другие средства радиопротиводействия. В России еще на авиасалоне МАКС в 1997 году отечественным предприятием «Авиаконверсия» был продемонстрирован портативный передатчик помех для подавления сигналов GPS и ГЛОНАСС (Jammers). Создаваемые передатчиком помехи поступают на вход приемников вместе с сигналами от спутников и вносят сбой в процесс измерения координат. В результате приемники прекращают определять текущее местоположение объектов, на которых они установлены, и выдают потребителю последние его координаты перед началом действия помех. У первого передатчика при массе менее 3 кг мощность излучения составляла около 2...3 Вт, что обеспечивало дальность действия 50 км по прямой видимости. У второго передатчика при массе 10 кг и мощности 20 Вт дальность действия составила 150 км.

2.1. Общие сведения и принцип действия СНС

В СНС второго поколения применяются навигационные космические аппараты (НКА) на круговых геоцентрических орбитах с высотой ~20000 км над поверхностью Земли. Благодаря использованию высокостабильных эталонов (источников) времени и частоты в системе обеспечивается достаточно точная синхронизация навигационных радиосигналов, излучаемых орбитальной группировкой НКА.

Основное назначение СНС второго поколения — глобальная оперативная навигация приземных подвижных объектов: наземных (сухопутных, морских, воздушных) и низкоорбитальных космических аппаратов. Это означает, что любой объект, оснащенный приемником СНС, может в любом месте приземного пространства и в любой момент времени определить параметры своего движения — три координаты и три составляющие вектора скорости.

Наряду с обеспечением оперативной навигации различных объектов СНС второго поколения позволяют проводить:

- локальную высокоточную навигацию подвижных объектов (сухопутных, морских, воздушных) на основе дифференциальных методов с применением стационарных наземных корректирующих станций (см. раздел 2.2);
- высокоточную взаимную геодезическую «привязку» удаленных наземных объектов;
- взаимную синхронизацию стандартов частоты и времени на удаленных наземных объектах;
- неоперативную автономную навигацию среднеорбитальных космических объектов;
- определение ориентации объекта на основе радиоинтерферометрических измерений на объекте с помощью навигационных радиосигналов, принимаемых разнесенными антеннами.

СНС второго поколения включают в себя три сегмента: орбитальную группировку НКА; наземный комплекс управления; приемную аппаратуру пользователей (приемоиндикаторы).

Основные функции НКА заключаются в формировании и излучении навигационных радиосигналов. Для этого в состав их аппаратуры входят: радиотехническое оборудование (передатчики навигационных сигналов и телеметрической информации, приемники данных и команд от наземного комплекса, антенны, блоки ориентации), ЭВМ, бортовой эталон времени и частоты, солнечные батареи и др. Конфигурация сети НКА обеспечивает заданную рабочую зону, возможность реализации различных методов навигационно-временных определений, диапазон изменения параметров радиосигналов. Несколько НКА, расположенных на определенных орбитах, могут формировать сплошное, с точки зрения наземного и надземного потребителя, радионавигационное поле (глобальную рабочую зону), позволяющее проводить навигационные измерения с высокой точностью.

Наземный комплекс обеспечивает наблюдение и контроль за траекторией движения НКА, качеством функционирования их аппаратуры, управление режимами ее работы и параметрами спутниковых радиосигналов, составом, объемом и дискретностью передаваемой со спутников навигационной информации. Наземный комплекс состоит из координационно-вычислительного центра, станций траекторных измерений, станций управления, системного эталона времени и частоты. Периодически, при полете НКА в зоне видимости станции управления, происходит закладка в память бортовой ЭВМ спутника специальной информации, которая затем передается потребителям в навигационном сообщении в виде кадров соответствующего формата. В частности, в это сообщение закладывается так называемый альманах — набор справочных сведений о сети НКА, включающий эфемериды (параметры движения) всех НКА, которые используются приемником для начального выбора рабочего созвездия спутников.

На первом этапе аппаратура наземных комплексов измеряет координаты спутников в процессе их пролета в зоне видимости и вычисляет параметры их орбит. Затем эти данные прогнозируются на фиксированные (опорные) моменты времени, например, на середину каждого часового интервала предстоя-

щих суток до выработки следующего прогноза. Спрогнозированные таким образом координаты и их производные (эфемериды) передаются на спутники, чтобы затем в виде навигационного сообщения, соответствующего указанным моментам времени, последовательно передаваться потребителям. На втором этапе в приемнике потребителя по этим данным осуществляется вторичное прогнозирование координат НКА, которое заключается в вычислении текущих координат НКА в интервалах между опорными точками траектории. Процедуры первичного и вторичного прогнозирования координат осуществляются с учетом известных закономерностей движения НКА. В отличие от самоопределяющихся НКА рассмотренный вариант функционирования СНС обеспечивает упрощение аппаратуры спутников за счет усложнения наземного оборудования.

Приемники (приемоиндикаторы) СНС предназначены для приема и обработки навигационных сигналов спутников с целью определения местоположения объекта путем измерения расстояния до спутников с известными координатами. Если, например, известно, что объект находится на расстоянии 11 000 км от спутника А, то это значит, что он находится где-то на поверхности сферы радиусом 11000 км с центром, совпадающим со спутником А. Если при этом расстояние до второго спутника В составляет 12 000 км, то это значит, что объект находится на линии пересечения двух сфер радиусами 11 000 и 12 000 км.

Таким образом, задача определения местоположения объекта в первом приближении сводится к определению расстояний до двух спутников.

Определение этих расстояний при известной скорости распространения радиосигнала (300 000 км/с) производится достаточно просто, если известен момент времени, когда он передан со спутника. Для этого, во-первых, спутники снабжены бортовыми часами с наносекундной точностью и, во-вторых, приемник должен быть синхронизирован с этими часами, чтобы на передающей и приемной стороне генерировался один и тот же код в одно и то же время. При таких условиях сдвиг одного кода по отношению к другому будет соответствовать времени прохождения сигналом расстояния от спутника до приемника.

Если спутник и приемник имеют расхождение шкал времени (выходят из синхронизма), например, на 0,01 с, то измерение расстояния будет произведено с ошибкой в 2 993 км (!). Поскольку в каждом приемнике невозможно использовать громоздкие и дорогостоящие атомные часы (стоимостью около 100 000 долларов), то оказалось, что это затруднение можно обойти, если произвести дополнительные измерения расстояния.

Предположим, что объект находится в четырех секундах от спутника А, в шести от спутника В и в восьми от спутника С (см. рис. 2.1, а). Если часы на спутнике и в приемнике имеют одинаковую точность хода, то точное местоположение на плоскости в принципе может быть найдено, как уже говорилось, по измерениям расстояния до двух спутников. Если же получены измерения с трех спутников, то при одинаковой точности хода часов спутника и приемника круг, описанный радиус-вектором третьего спутника, будет пересекаться с двумя другими в одной точке. Однако если часы в приемнике спешат на 1 с, то круги от каждого спутника уже не пересекаются в одной точке

(рис. 2.1, б). В этом случае компьютер приемника начинает вычитать (или добавлять) время методом последовательных итераций до тех пор, пока не сведет все три измерения к одной точке (для двух окружностей такое невозможно). После этого вычисляется поправка и делается соответствующее уравнивание по методу наименьших квадратов (см. раздел. 1.6 и 1.8).

Таким образом, при определении координат на плоскости (широты и долготы) и при неточности хода часов в приемнике проводятся измерения не истинных расстояний, а так называемых *псевдодальностей* до трех спутников, а при определении трех координат (широты, долготы и высоты) — до четырех. Кроме того, если необходимо выполнять непрерывное местоопределение в реальном масштабе времени, то, очевидно, целесообразно использовать приемник, имеющий по крайней мере четыре канала (выпускаемые в настоящее время приемники имеют в большинстве случаев 12 каналов).

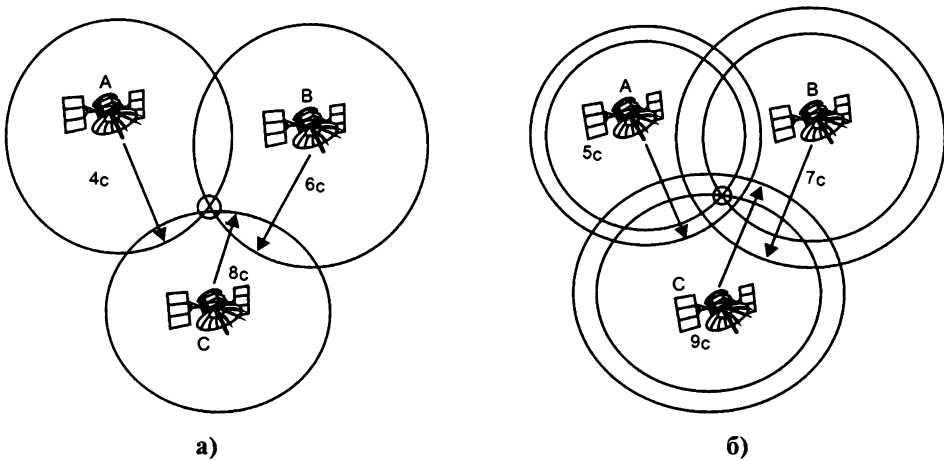


Рис. 2.1. К определению координат с помощью СНС

При определении расстояний до спутников основными источниками погрешностей являются:

- задержка радиосигнала при прохождении через ионосферу Земли — слой заряженных частиц на высоте 120...290 км; наиболее действенным способом учета таких задержек является использование двух сигналов, имеющих разные частоты несущих колебаний: при определенных соотношениях частот этих несущих удастся существенно уменьшить влияние ионосферы на точность определения координат (см. раздел 2.3, 2.4);
- сбой атомных часов на спутниках (устраняется станциями слежения);
- явление многолучевости (многократное переотражение сигналов от окружающих предметов и поверхностей), особенно характерное для пригоризонтных спутников;
- преднамеренное ухудшение точности путем установки на НКА режима S/A (Selective Availability) — режима ограниченного доступа, который может вводиться министерством обороны США внесением искусственных ошибок в навигационные данные или смещением шкалы спутнико-

вых эталонов времени (о состоянии S/A можно судить по значению точности измерения расстояния от спутника до пользователя (параметр URA (User Range Accuracy) в некоторых приемниках): если его значение больше 30, то скорее всего на спутнике был активирован режим S/A);

- так называемый GDOP (Geometric Dilution of Precision) — геометрический фактор снижения точности, определяемый взаимным расположением спутников, используемых приемником при позиционировании. На практике вместо GDOP чаще используется PDOP (Position Dilution of Precision) — фактор снижения точности определения местоположения. Предельное значение PDOP, при превышении которого вычисление координат не производится, называется *маской* PDOP. Рекомендуемое (устанавливаемое по умолчанию) значение маски PDOP для GPS-приемников геодезического класса компании Trimble равно 7; для картографических и ГИС-приемников — 6. Более низкие значения PDOP указывают на более высокое качество данных: значение 4 или меньше указывает на самые лучшие условия наблюдений (без учета количества спутников), от 5 до 8 — на удовлетворительные и более 9 — на плохие. Кроме PDOP, используются также факторы снижения точности определения горизонтальных (HDOP) и вертикальных (VDOP) координат.

В некоторых случаях используется понятие *маски по углу возвышения* — это угол, отсчитываемый от горизонта, ниже которого спутники не используются. Для работ на участках, где имеются местные препятствия (например, листва деревьев или здания) вероятность точного определения координат существует лишь в том случае, если значение маски возвышения равно или превышает 15° . Например, в геодезических GPS-приемниках фирмы Trimble по умолчанию установлено значение маски возвышения 15° для приложений с постобработкой данных и 13° для съемок в реальном времени. Когда спутник находится близко к горизонту, то его сигналы должны пройти значительное расстояние через атмосферу, в результате чего он ослабляется и задерживается, что приводит к возникновению существенной ошибки при вычислении расстояния.

В случае дифференциального режима (см. раздел 2.2) маска по углу возвышения для передвижного приемника должна быть больше, чем для базовой станции, на 1° на 100 км расстояния между приемниками.

Программное обеспечение для обработки данных с приемников СНС во многих случаях может рассчитывать и выводить на дисплей регистратора *планисферы* (Sky Plots) с изображением геометрии созвездия спутников. Планисферы представляют собой круг, на котором изображена проекция небесной сферы с маркерами, отображающими видимое положение спутников; спутники у горизонта попадают на край планисферы (рис. 2.2).

Идеальной является конфигурация из четырех спутников, три из которых расположены невысоко над горизонтом симметрично относительно четвертого спутника, находящегося в зените (пример 1 на рис. 2.2). В этом случае получаются наиболее качественные результаты измерений, т. к. любые ошибки определения горизонтальных координат, полученные из одного направления, контролируются измерениями с противоположной стороны, а спутник, расположенный в зените, дает проверку по высоте для трех остальных.

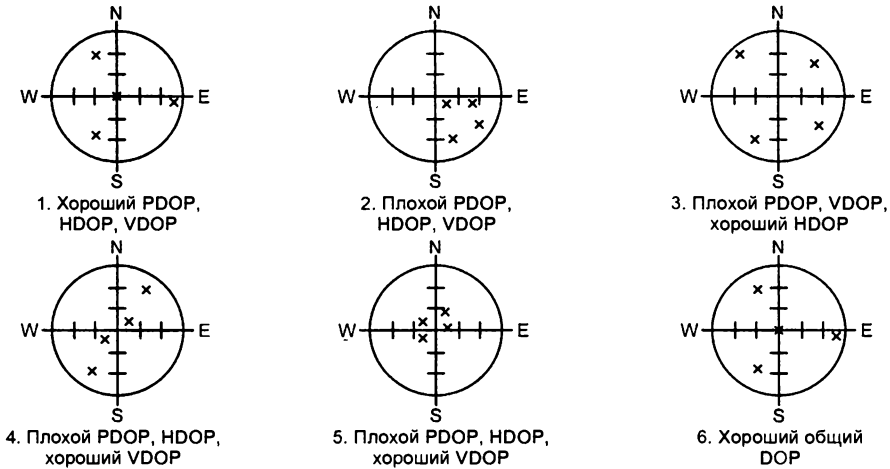


Рис. 2.2. Планисферы

Плохая геометрия будет в том случае, когда все спутники расположены в одной и той же части неба (пример 2) или выстроились в прямую линию (пример 4). Определенная геометрия может быть неудачна для отдельного DOP-параметра и выигрышна для других видов DOP. Например, если нужна прежде всего точность определения только горизонтальных координат, то можно использовать геометрию, показанную в примере 3: несмотря на большое значение PDOP, точность определения горизонтальных координат будет достаточно высокой.

2.2. Дифференциальный режим СНС

Точность определения координат, которую обеспечивают системы GPS и GLONASS, в лучшем случае составляет около 10 м. Однако для многих приложений, таких как навигация автомобилей, навигация судов на узких фарватерах, геодезия, навигация летательных аппаратов, такая точность недостаточна. Для ее увеличения был разработан метод дифференциальной навигации DGPS (Differential GPS), который обеспечивает (в специальных случаях) точность до нескольких десятков сантиметров [5].

Дифференциальный режим реализуется с помощью контрольного навигационного приемника 5 (см. рис. 2.3), устанавливаемого в точке с точно известными географическими координатами и называемого *базовой станцией*. Сравнивая известные координаты, полученные в результате прецизионной геодезической съемки, с измеренными с помощью спутников 1–4, базовый приемник формирует поправки, которые передаются потребителю 6 по каналу связи 7. С учетом принятых поправок приемник обычного потребителя позволяет определить его координаты с точностью до одного метра и менее.

При реализации дифференциального режима используют два метода формирования поправок:

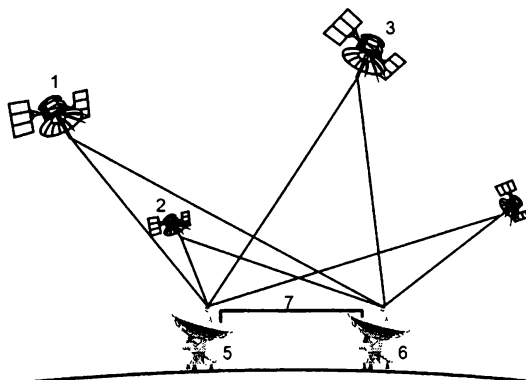


Рис. 2.3. Дифференциальный режим СНС

1. Метод, при котором поправки на базовой станции формируются только для созвездия НКА, используемого в определяемом пункте, что является существенным недостатком метода.

2. Метод, при котором на базовой станции определяются поправки для всех спутников, которые потенциально могут быть использованы потребителями. Недостатком этого метода является усложнение аппаратуры потребителей.

Поскольку полученные с помощью дифференциального метода результаты в значительной степени зависят от расстояния между потребителем и базовой станцией, то зона обслуживания базовой станции составляет не более 500 км.

Передача дифференциальных поправок от базовой станции к потребителю может осуществляться с помощью телефонной или радиосвязи, по системам спутниковой связи (например, INMARSAT), а также с использованием технологии передачи цифровых данных RDS (Radio Data System) на частотах FM-радиостанций.

В настоящее время во многих странах уже действует развитая сеть базовых станций, постоянно транслирующих поправки на определенную территорию. Например, в США дифференциальные поправки передаются береговой охраной через морские радиобуи, работающие в диапазоне 283,5...325 кГц. Под Санкт-Петербургом в феврале 1998 года была установлена первая базовая станция, которая передает поправки на частоте 298,5 кГц (см. также раздел 2.7).

При реализации дифференциального режима СНС используются методы кодовых и псевдофазовых (относительных) измерений. Кодовые системы строятся на основе измерения и обработки псевдодальностей; они имеют в общем случае неограниченную область действия и характеризуются ошибками местоопределения от долей до нескольких метров. Псевдофазовые системы характеризуются высокой точностью местоопределения (до долей сантиметра), однако область их действия ограничивается дальностью 10...12 км в одночастотном режиме и около 100 км в двухчастотном.

Кодовые системы дифференциальной навигации делятся на локальные (Local Area Differential GPS), широкодиапазонные (WADGPS — Wide Area Differential GPS) и глобальные (GDGPS — Global Differential GPS).

Большинство современных систем дифференциальной навигации являются локальными. Они используют одну базовую станцию, которая располагается в центре локальной зоны размером около 200 км. В центре зоны обеспечивается точность местоопределения порядка 0,5...1 м; на периферии зоны точность ухудшается и постепенно приближается к точности абсолютных местоопределений (без поправок). Дифференциальные поправки в локальных системах могут формироваться путем коррекции координат или навигационных параметров. Наибольшее распространение получил второй метод, при котором базовая станция формирует поправки к измерениям псевдодальностей для каждого из видимых ею спутников. При этом приемник поправляет свои измерения псевдодальностей по тем же спутникам. Для передачи поправок, сформированных в соответствии с методом коррекции навигационного параметра, был разработан специальный стандарт RTCM SC-104, учитывающий особенности навигационных систем GPS и ГЛОНАСС.

В широкодиапазонных системах дифференциальной навигации WADGPS используется сеть станций сбора информации и метод формирования дифференциальных поправок, при котором на станциях сбора информации осуществляется обработка с целью оперативного уточнения параметров моделей движения НКА, смещения их шкал времени и составления карт вертикальных ионосферных задержек. Все эти данные оперативно передаются потребителю, который использует их для уточнения данных, извлекаемых из сигналов навигационных спутников. Системы WADGPS обеспечивают точность местоопределения со среднеквадратической ошибкой около 0,5 м в области, охватываемой сетью станции сбора информации, и смежных с ней областях.

В настоящее время в мире используются две системы WADGPS: первая принадлежит фирме Satloc, вторая под названием WAAS (Wide Area Augmentation System) — правительству США. Обе системы развернуты и эксплуатируются на территории США. В системе WADGPS фирмы Satloc потребителю предоставляется карта вертикальных ионосферных задержек с шагом 2°, в системе WAAS — разной точности. Наиболее подробные карты содержат до 929 точек. Задержка формирования корректирующих поправок в системе фирмы Satloc составляет 4 с, а в системе WAAS — около 6 с. Satloc использует только 15 станций сбора информации, расположенных на континентальной территории США, WAAS — 24, расположенных как на континентальной территории США, так и на Аляске и Гавайских островах. Для удовлетворения требований доступности (availability) для системы WAAS используется один из двух геостационарных спутников, излучающих дополнительные дальномерные коды, которые доступны для приемников с опцией WAAS-enabled. Скорость передачи корректирующей информации в системе фирмы Satloc равна 750 бит/с, а в системе WAAS — 250 бит/с. Корректирующая информация в системе фирмы Satloc квантуется с шагом 1/16 м, а в системе WAAS — с шагом 1/8 м.

Глобальные системы дифференциальной навигации (GDGPS) по своей структуре очень схожи с широкодиапазонными (WADGPS). Они также используют наземную сеть станций сбора информации и тот же метод формирования дифференциальных поправок. Основное отличие заключается в том, что исключение ионосферных ошибок в GDGPS осуществляется путем использования двухчастотных измерений.

В настоящее время единственная в мире система GDGPS использует в качестве основы станции GPS сети NASA. Для оперативного уточнения орбит навигационных спутников в этой системе используется пакет прикладных программ RTG (Real Time Gipsy), который применяется также и в широкодиапазонных дифференциальных системах фирмы Satloc и WAAS. Для передачи измерений в центр обработки используется сеть Internet. Результаты испытаний системы показали, что среднеквадратическая ошибка определения горизонтальных координат составляет менее 0,1 м и около 0,2 м — для вертикальных.

Система поправок в Европе реализуется в проекте EGNOS (European Global Navigation Overlay System — Европейская глобальная навигационная оверлейная система), рассчитанном на прием как сигналов GPS, так и ГЛОНАСС. EGNOS является совместным проектом Европейского космического агентства (ESA), Еврокомиссии (ЕС) и Eurocontrol (организации, отвечающей за авионавигацию в Европе и являющейся предшественником Galileo — первой глобальной системы спутниковой навигации Европы). Поправки EGNOS, доступные для приемников с опцией EGNOS-enabled, транслируются через три геостационарных спутника. Два из них относятся к семейству Inmarsat и обслуживают районы Атлантического и Индийского океанов, а спутник ESA Artemis — районы Африки. Кроме них, в систему входят 4 мастер-центра MCC (Master Control Centres), которые управляют этими спутниками и вырабатывают поправки, 34 станции контроля положения и целостности RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations), данные которых используются в мастер-центрах для уточнения поправок, а также передающие эту информацию на спутники наземные навигационные станции NLES (Navigation Land Earth Stations).

Применение системы EGNOS позволяет повысить точность определения координат в несколько раз (до 3...5 м). Следует заметить, что для использования поправочных коэффициентов, передаваемых со спутников WAAS/EGNOS, необходима сеть наземных базовых станций. Поскольку такая сеть в России отсутствует, то их использование нецелесообразно: если приемник имеет возможность фиксации сигналов спутников WAAS/EGNOS, то такую функцию лучше отключить, так как определение координат может не только не улучшиться, но и ухудшиться.

2.3. Система NAVSTAR-GPS

Орбитальная группировка этой системы содержит 24 штатных НКА на круговых синхронных орбитах с периодом обращения $T = 12$ ч 00 мин (высота орбиты составляет около 20 000 км над поверхностью Земли) в шести орбитальных плоскостях (по четыре НКА в каждой) с наклоном 55° , долготы восходящих узлов которых смещены с интервалом 60° (рис. 2.4).

Схема формирования сигналов спутника системы GPS содержит (рис. 2.5) два несущих колебания частотой 1575,42 МГц (L1) и 1227,6 МГц (L2), которые модулируются в фазовых модуляторах 3—4 (манипуляции фазы несущего колебания на 180°) псевдослучайными сигналами C/A- и P-кода, предварительно просуммированными по модулю 2 элементами 1, 2 ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ с

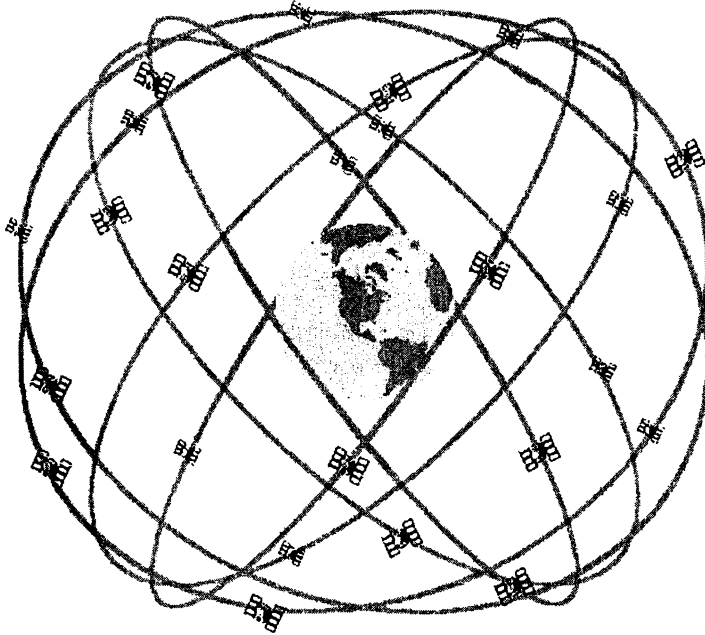


Рис. 2.4. Орбитальная группировка НКА системы NAVSTAR-GPS

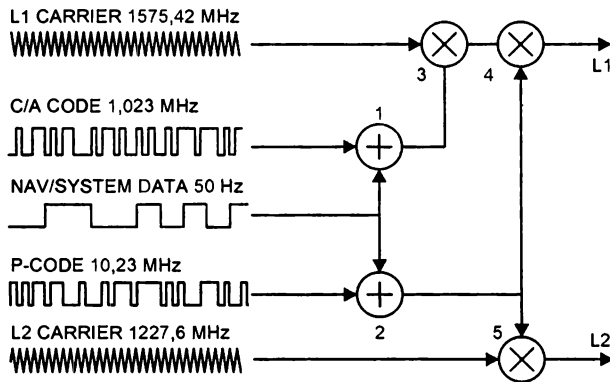


Рис. 2.5. Схема формирования сигналов НКА

навигационным сигналом NAV, который передается со скоростью 50 бит/с. Из рис. 2.5 видно, что несущая L2 модулируется только суммарным сигналом P-кода, тогда как L1 — суммарными сигналами C/A- и P-кода. В последнем случае кодовые сигналы находятся в квадратуре (сдвинуты на 90°).

В результате фазовой модуляции (манипуляции) ширина полосы сигнала, несущего информацию, увеличивается со 100 Гц (удвоенная частота навигационных посылок 50 Гц) до 20,46 МГц (для кода P) и до 2,046 МГц (для кода C/A).

P-код (от Precision — точный) предназначен для высокоточных измерений (в режиме PPS — Precise Positioning Service) и используется преимущественно военным ведомством США (после введения в 1994 году дополнительной

криптозащиты (A/S — Anti-Spoofing) он обозначается как P(Y)). Поскольку этим кодом модулируются обе несущие, то сравнение времени прихода сигналов на частотах L1 и L2 позволяет вычислять дополнительную задержку, возникающую при прохождении сигналов через ионосферу, что значительно повышает точность измерений. Заметим, что некоторые приемники компании Trimble геодезического класса работают с P-кодом.

Общедоступный код C/A (Coarse Acquisition — грубый захват) используется в режиме SPS (Standart Positioning Service — стандартная точность измерений). Если в режиме PPS ошибка измерения горизонтальных координат не превышает 22 м, высоты — 27,7 м и времени — 0,09 мкс, то в SPS-режиме она увеличивается соответственно до 100 м, 140 м и 0,34 мкс.

Схема формирования C/A-кода содержит (рис. 2.6) два 10-разрядных регистра сдвига 1, 2, в цепях обратных связей которых включены логические элементы ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 4, 5 в соответствии с образующими многочленами G1, G2. В исходном состоянии оба регистра устанавливаются в единичное состояние; дополнительное управление регистрами осуществляется блоком 3 кодового контроля изменения эпохи. Как видно из схемы на рис. 2.6, регистр 2 используется также для установки кода номера спутника PRN (Pseudo Random Number) совместно с элементом ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 6, выходной сигнал которого суммируется по модулю 2 (элемент 7) с выходным сигналом первого регистра, формируя таким образом в окончательном виде C/A-код. Как следует из сказанного, этот код содержит и идентификационный номер спутника, чем обеспечивается при одной и той же частоте несущей кодовое опознание каждого спутника.

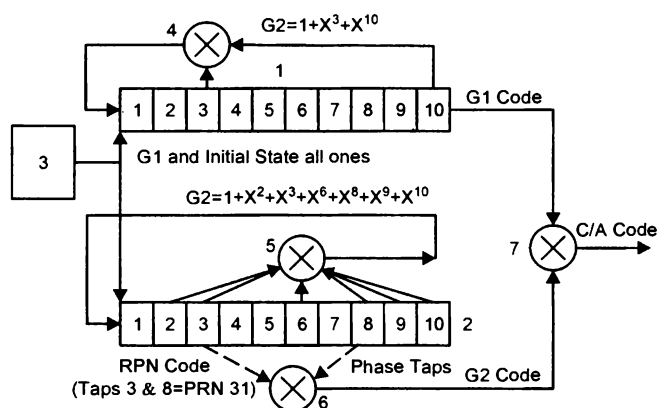


Рис. 2.6. Схема формирования C/A-кода

Сформированные на НКА сообщения передаются со скоростью 50 бит/с по кадрам, каждый из которых содержит 1500 бит информации, т. е. длительность его равна 30 с. Кадр состоит из пяти субкадров. Субкадр № 1 несет сообщение об уходе бортового стандарта частоты, по которому определяется работоспособность спутника; субкадры № 2 и № 3 содержат высокоточные данные о реальных параметрах его орбиты. Они необходимы для захвата кода и поэтому повторяются каждые 30 с. Это время является стандартным для первоначального определения пользователем своего местоположения. Субкадры

№ 4 и № 5 повторяются по 25 раз, поэтому для передачи полного сообщения требуется 25 кадров, что занимает 12,5 мин.

Приемник GPS (рис. 2.7) содержит антенну 1 (выносную или встроенную), предусилитель-коррелятор 2, тактируемый подстраиваемым генератором 6, смеситель 3 входного сигнала и выходного сигнала формирователя 5 «местного» С/А-кода, демодулятора-декодера 4 и блока обработки информации 10, куда поступают навигационные сигналы (по шине 7), С/А-код (по шине 8) и отметки времени (по шине 9). С выхода 11 блока 10 информация о координатах и времени в формате NMEA-183 поступает на регистратор с последующим отображением на дисплее специализированного прибора (навигатора), переносного или карманного ПК.

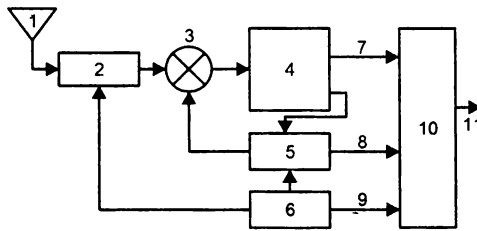


Рис. 2.7. Структурная схема приемника

Преобразовательная часть приемника (рис. 2.8) содержит фазовые детекторы 2, 3, управляемые подстраиваемым генератором 5. На выходе детектора 2 выделяется синфазная составляющая I входного GPS-сигнала 1, которая представляет собой навигационный сигнал. Эта составляющая через низкочастотный фильтр 4 передается на выход 11 и вход квадратора 9. Квадратурная составляющая GPS-сигнала Q выделяется детектором 3 и после фильтрации в фильтре 6 и возведения в квадрат (квадратор 10) суммируется в сумматоре 12 с квадратом синфазного сигнала. При этом суммарный сигнал ($I^2 + Q^2$) используется в качестве оценки степени корреляции «местного» С/А-кода с его значением в GPS-сигнале. Одновременно сигналы I и Q сравниваются детектором 8; формируемый при этом сигнал рассогласования после прохождения через цифровой фильтр 7 используется для автоподстройки тактового генератора 5, выполняющего роль «часов» приемника.

Форматы передачи сообщений между GPS-приемником и регистратором (например, компьютером) регламентируются протоколом NMEA (National

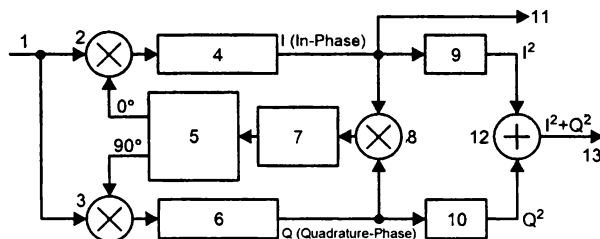


Рис. 2.8. Функциональная схема приемника

Marine Electronics Association) ассоциации морской электронной навигации. Все команды и сообщения в этом протоколе передаются в текстовом ASCII-коде; они начинаются с символов \$GP и заканчиваются в конце строки символами CR и LF. В последнем поле сообщения может быть указана контрольная сумма текущего сообщения, расположенного между разделителями \$ и *. Приведем содержание сообщений, сопровождающих использование наиболее распространенных форматов передачи данных протокола NMEA-0183:

\$GPGGA — данные в стандартном формате GGA о местоположении, времени местоопределения, качестве данных, количестве использованных спутников, HDOP (Horizontal Dilution of Precision — фактор ухудшения точности определения горизонтальных координат), информация о дифференциальных поправках. Формат сообщения:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
hhmmss.ss, llll.ll, a, yyyyy.yy, a, x, xx, x.x, xxx, M, x.x, M, x.x, xxxx *hh

где:

- 1 — гринвичское время на момент определения местоположения;
- 2, 4 — географические широта и долгота местоположения соответственно;
- 3, 5 — положение широты (север/юг (N/S)) и долготы (запад/восток (E/W))

соответственно;

6 — качество GPS-сигнала: 0 — определение местоположения невозможно или неверно; 1 — режим обычной точности определения местоположения; 2 — дифференциальный режим определения местоположения; 3 — режим прецизионной точности определения местоположения;

7 — количество используемых спутников (00...12; может отличаться от числа видимых);

8 — фактор снижения точности определения широты и долготы (HDOP);

9 — высота антенны приемника над или ниже уровня моря;

10 — единица измерения высоты расположения антенны, м;

11 — геоидальное различие: различие между земным эллипсоидом WGS-84 и уровнем моря (геоидом); "—" — уровень моря ниже эллипсоида;

12 — единица измерения различия, м;

13 — возраст дифференциальных данных GPS (время в секундах с момента последнего SC104 обновления; заполнено нулями, если дифференциальный режим не используется);

14 — идентификатор ID (0000...1023) станции, передающей дифференциальные поправки;

15 — контрольная сумма строки.

Пример сообщения:

\$GPGGA,004241.47,5532.8492,N,03729.0987,E,1,04,2.0,-0015,M,,,*31

Упомянувшийся выше режим невозможности определения местоположения с помощью данного спутника (см. п. б) объясняется его неудачным геометрическим положением или его переводом в неработоспособный режим на время тестирования параметров, корректировки орбиты, устранения неис-

равностей в бортовых системах и т. п. Другой причиной невозможности использования данного спутника может быть также слишком низкий уровень его сигнала, характеризуемый параметром SNR (Signal-to-Noise Ratio — отношение сигнал/шум). Обычный уровень L1 сигнала, передаваемого спутником с углом возвышения 30°, лежит в диапазоне от 12 до 20 дБ. Уровень L1 сигнала более 20 дБ считается очень хорошим. Качество данных является плохим, если уровень L1 сигнала одного из спутников созвездия оказывается менее 6 дБ. Как правило, SNR для L2 сигнала ниже, чем для L1 сигнала и редко превышает 15 дБ.

\$GPGLL — данные в формате GLL о географической широте, долготе и времени определения координат. Формат сообщения:

```
1      2 3      4 5      6 7
1111.11, a, ууууу.уу, a, hhmss.ss, A *hh
```

где:

- 1, 3 — географические широта и долгота местоположения соответственно;
- 2, 4 — положение широты (север/юг (N/S)) и долготы (запад/восток (E/W)) соответственно;
- 5 — гринвичское время на момент определения местоположения;
- 6 — статус данных: A — данные верны, V — данные неверны;
- 7 — контрольная сумма строки.

Пример сообщения:

```
$GPGLL,5532.8492,N,03729.0987,E,004241.469,A*33
```

\$GPGSA — данные в формате GSA (Global Satellites Active — активные спутники) о режимах работы GPS-приемника, параметрах спутников, используемых при решении навигационной задачи, результаты которой отображены в сообщении \$GPGGA и значениях факторов точности определения координат. Формат сообщения:

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
a, x, xx, xx, xx, xx, xx, xx, xx, xx, xx, xx, xx, x.x, x.x, x.x *hh
```

где:

- 1 — режим: M — ручной, принудительно включен 2D (долгота и широта) или 3D (долгота, широта и высота) режим; A — разрешен автоматический выбор 2D/3D;
- 2 — режим: 1 — местоположение не определено, 2 — 2D, 3 — 3D;
- 3—14 — номера (PRN) спутников, использованных при решении задачи местоопределения (нули для неиспользованных);
- 15 — фактор снижения точности определения координат PDOP;
- 16, 17 — факторы снижения точности определения горизонтальных координат (HDOP) и высоты (VDOP);
- 18 — контрольная сумма строки.

Пример сообщения:

```
$GPGSA,A,3,01,02,03,04,,,,,,,,,2.0,2.0,2.0*34
```

В приемниках, в которых возможен выбор режимов определения координат, необходимо учитывать следующее. Для работы в режиме ручного 2D (Manual 2D) необходимо наличие трех спутников. При этом приемник вычисляет широту и долготу на основе известной (определяемой пользователем) высоты, которая остается фиксированной даже во время движения. Если высота не была определена пользователем, то используется последнее вычисленное значение высоты в режиме 3D. Режим Manual 2D обычно используется только в том случае, если можно ввести высоту (над эллипсоидом WGS-84) с ошибкой не более 2-х метров. Если высота задана неправильно, то широта и долгота также будут определены с большой ошибкой. Например, если фиксированная высота имеет ошибку в 10 метров, то ошибка полученных значений горизонтальных координат может достигать 50 метров и более. Кроме того, эта ошибка не может быть исключена применением техники дифференциальной коррекции.

Для работы в режиме ручного 3D (Manual 3D) необходимо наличие четырех и более спутников. В этом случае приемник использует информацию от спутников с наилучшей пространственной конфигурацией. Наблюдения прекращаются, если количество таких спутников падает ниже допустимого значения.

В режиме авто 2D/3D (Auto 2D/3D) приемник вычисляет пространственные 3D-координаты, когда это возможно. Если значение PDOP превышает маску PDOP или только три спутника доступны для наблюдений, то приемник переходит в режим определения горизонтальных координат с использованием последнего значения высоты, вычисленное в режиме 3D.

Кроме перечисленных, в некоторых приемниках имеется так называемый переопределенный 3D (3D Overdetermined) режим, при котором используется 5 и более спутников, имеющих допустимые значения PDOP и сигнал-шум.

\$GPGSV — данные в формате GSV (Global Satellites in View — спутники в зоне видимости) о количестве видимых спутников, их номерах, возвышении, азимуте и значении отношения сигнал/шум для каждого из них. Формат сообщения:

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
x, x, xx, xx, xx, xxx, xx,                xx, xx, xxx, xx *hh
```

где:

- 1, 2 — число и номера сообщений (1...9);
- 3 — число видимых спутников;
- 4 — номер спутника;
- 5 — высота (возвышение) в градусах (90° максимум);
- 6 — азимут истинный (000...359°);
- 7 — отношение сигнал/шум: от 00 (нет сигнала) до 99 дБ;
- 8—11 — параметры по пп. 4—7 для второго спутника;
- 12—15 — то же для третьего спутника;
- 16—19 — то же для четвертого;
- 20 — контрольная сумма строки.

Пример сообщения:

\$GPGSV,3,1,12,02,86,172,,09,62,237,,22,39,109,,27,37,301,*7A

\$GPGSV,3,2,12,17,28,050,,29,21,314,,26,18,246,,08,10,153,*7F

\$GPGSV,3,3,12,07,08,231,,10,08,043,,04,06,170,,30,00,281,*77

\$GPRMC — данные в наиболее часто используемом формате RMC (Recommended Minimum specific data) о времени, местоположении спутников, их курсе и скорости с интервалом передачи не более 2 с и обязательной контрольной суммой. Формат сообщения:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
hhmmss.ss, A, 1111.11, A, ууууу.уу, а, х.х, х.х, ddmmyу, х.х, А *hh

где:

- 1 — время фиксации местоположения по шкале Всемирного времени UTC;
- 2 — состояние: А — действительное, V — предупреждающее;
- 3, 5 — географические широта и долгота местоположения соответственно;
- 4, 6 — положение широты (север/юг (N/S)) и долготы (запад/восток (E/W)) соответственно;
- 7 — скорость над поверхностью Земли (SOG);
- 8 — истинное направление курса в градусах;
- 9 — дата: dd/mm/уу;
- 10 — магнитное склонение в градусах;
- 11 — запад/восток (E/W);
- 12 — обязательная контрольная сумма строки.

Пример сообщения:

\$GPRMC,113650.0,A,5548.607,N,03739.387,E,000.01,255.6,210403,08.7,E*69

\$GPVTG — данные в формате VTG о текущем направлении курса (COG) и скорости относительно земли (SOG); используются только при работе с оборудованием фирмы Garmin — лидера на рынке классических (не компьютерных) GPS-приемников. Формат сообщения:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
х.х, Т, х.х, М, х.х, N, х.х, К, i, *hh

где:

- 1, 2 — направление курса и единицы его измерения (Т — в градусах);
- 3, 4 — магнитное склонение и единицы его измерения (Т — в градусах);
- 5, 6 — скорость над поверхностью (SOG) и единицы ее измерения (N — в узлах);
- 7, 8 — скорость над поверхностью (SOG) и единицы ее измерения (К — км/час);
- 9, 10 — контрольные суммы строк. Пример сообщения:

\$GPVTG,217.5,T,208.8,M,000.00,N,000.01,K*4C

Кроме NMEA-0183, для обмена могут быть использованы двоичный SiRF-код, протокол компании Zodiac (DeLorme), протокол TSIP (Trimble Standard Interface Protocol) компании Trimble Navigation, специализирующейся в области геодезического оборудования, а также протокол компании Garmin, который обеспечивает следующие дополнительные сервисные функции:

- запись и извлечение треков (точек пройденных путей) из памяти приемника;
- запись и извлечение путевых точек и маршрутов из памяти приемника со всеми характеристиками, определяемыми моделью приемника.

2.4. Система ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС состоит из орбитальной группировки навигационных космических аппаратов (НКА), подсистемы контроля и управления и навигационной аппаратуры потребителей (приемников ГЛОНАСС).

Орбитальная группировка системы содержит 24 штатных НКА на круговых орбитах с наклоном $64,8^\circ$ в трех орбитальных плоскостях по восемь НКА в каждой (рис. 2.9, а). Долготы восходящих узлов трех орбитальных плоскостей различаются на 120° . Период обращения НКА равен $T = 11 \text{ ч } 15 \text{ мин } 44 \text{ с}$, что соответствует высоте круговой орбиты 19100 км над поверхностью Земли. В каждой орбитальной плоскости восемь НКА разнесены по аргументу широты на 45° , а аргументы широты восьми НКА в трех орбитальных плоскостях сдвинуты на $\pm 15^\circ$. Интервал повторяемости трасс движения спутников и зон радиовидимости для наземных средств — 17 витков (7 суток, 23 часа, 27 минут, 27 секунд). За время эксплуатации НКА (до пяти лет) реальные положения НКА могут отличаться от номинальных не более чем на $\pm 5^\circ$. Такая конфигурация НКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем.

Спутник ГЛОНАСС конструктивно состоит из цилиндрического гермоконтейнера с приборным блоком, рамы антенно-фидерных устройств, приборов системы ориентации, панелей солнечных батарей с приводами, блока двигательной установки и жалюзи системы терморегулирования с приводами. На спутнике также установлены оптические уголковые отражатели для калибровки радиосигналов измерительной системы путем измерения дальности до спутника в оптическом диапазоне, а также для уточнения геодинамических параметров модели движения спутника. Конструктивно уголковые отражатели выполнены в виде блока, постоянно отслеживающего направление на центр Земли.

В состав бортовой аппаратуры НКА входят: навигационный комплекс; комплекс управления; система ориентации и стабилизации; система коррекции; система терморегулирования; система электроснабжения.

Навигационный комплекс обеспечивает функционирование спутника как элемента системы ГЛОНАСС. В состав комплекса входят: синхронизатор, формирователь навигационных радиосигналов, бортовой компьютер, приемник навигационной информации и передатчик навигационных радиосигналов.

Синхронизатор обеспечивает выдачу высокостабильных синхрочастот на бортовую аппаратуру, формирование, хранение, коррекцию и выдачу бортовой шкалы времени.

Формирователь навигационных радиосигналов обеспечивает формирование псевдслучайных фазоманипулированных навигационных радиосигналов, содержащих дальномерный код и навигационное сообщение.

Комплекс управления обеспечивает управление системами НКА и контролирует правильность их функционирования. В состав комплекса входят: командно-измерительная система, блок управления бортовой аппаратурой и система телеметрического контроля.

Командно-измерительная система обеспечивает измерение дальности в запросном режиме, контроль бортовой шкалы времени, управление системой по разовым командам и временным программам, запись навигационной информации в бортовой навигационный комплекс и передачу телеметрии.

Блок управления обеспечивает распределение питания на системы и приборы спутника, а также логическую обработку сигналов.

Система ориентации и стабилизации обеспечивает успокоение НКА после отделения от ракеты-носителя, начальную ориентацию солнечных батарей на Солнце и продольной оси спутника на Землю, ориентацию продольной оси спутника на центр Земли и нацеливание солнечных батарей на Солнце, а также стабилизацию спутника в процессе коррекции орбиты. В системе используются инфракрасный прибор построения местной вертикали (для ориентации на центр Земли) и прибор для ориентации на Солнце. Погрешность ориентации на центр Земли не хуже 3° , а отклонение нормали к поверхности солнечной батареи от направления на Солнце — не более 5° . В качестве исполнительного органа при осуществлении успокоения и стабилизации спутника во время выдачи импульса коррекции используется двигательная установка. Режим успокоения, в результате которого происходит гашение угловых скоростей, включается в зоне радиовидимости.

В режиме начальной ориентации на Солнце осуществляется разворот спутника относительно продольной оси с помощью управляющих двигателей до появления Солнца в поле зрения прибора ориентации, который установлен на панели солнечных батарей.

Система коррекции обеспечивает приведение спутника в заданное положение в плоскости орбиты и его удержание в данных пределах по аргументу широты. Система включает двигательную установку и блок управления. Двигательная установка состоит из 24 двигателей ориентации с тягой 10 г и двух двигателей коррекции с тягой 500 г.

Система терморегулирования обеспечивает необходимый тепловой режим спутника. Регулирование тепла, отводимого из гермоконтейнера, осуществляется жалюзи, которые увеличивают или уменьшают радиационную поверхность в зависимости от температуры газа, циркулирующего в системе под действием вентилятора.

Система электроснабжения включает солнечные и аккумуляторные батареи, блок автоматики и стабилизации напряжения. Начальная мощность солнечных батарей — 1600 Вт, площадь — $17,5 \text{ м}^2$. При прохождении спутником

теневого участков Земли и Луны питание бортовых систем осуществляется от аккумуляторных батарей емкостью 70 ампер-часов.

Для обеспечения надежности на спутнике устанавливаются по два или три комплекта основных бортовых систем.

Выведение спутников ГЛОНАСС на орбиту в количестве трех штук осуществляется носителем тяжелого класса «ПРОТОН» с космодрома Байконур. Схема выведения включает выведение космической головной части на промежуточную круговую орбиту с высотой ~ 200 км с последующим переходом на эллиптическую орбиту с перигеем ~ 200 км, апогеем ~ 19100 км и наклоном $64,3^\circ$. Перевод каждого спутника в заданную точку орбитальной плоскости проводится с помощью спутниковой двигательной установки.

Точность приведения в рабочую точку орбиты составляет: по периоду обращения — 0,5 с; по аргументу широты — 1° ; по эксцентриситету — $\sim 0,01$; по наклону орбиты — $\sim 0,3^\circ$.

Считается [6], что орбитальная группировка НКА с несинхронными круговыми орбитами ($T \approx 11$ ч 16 мин) в системе ГЛОНАСС более стабильна по сравнению с НКА с синхронными круговыми орбитами ($T = 12$ ч 00 мин) в системе GPS, поскольку синхронная орбита НКА в GPS дает двухвитковый след на поверхности Земли, и возмущения орбит отдельных НКА из-за нецентральнойности поля тяготения Земли будут заметно отличаться. Несинхронная же круговая орбита ГЛОНАСС имеет многовитковый след на поверхности Земли и возмущения орбит для всех НКА в этом случае будут практически одинаковыми.

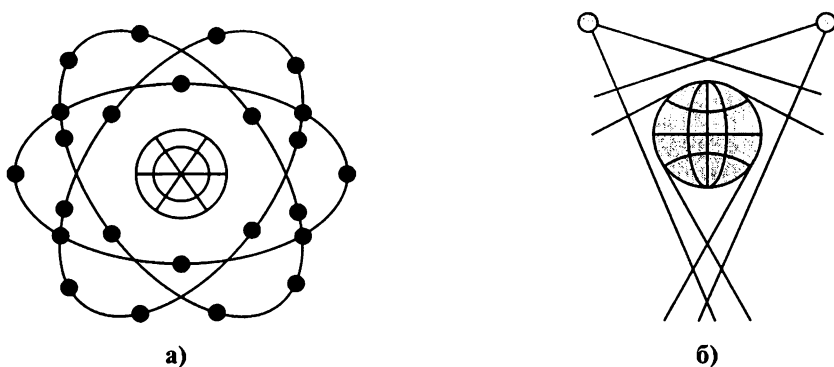


Рис. 2.9. Вид на орбитальную группировку системы ГЛОНАСС со стороны Северного полюса Земли (а) и схема формирования навигационного поля (б)

Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенной по всей территории России. В задачи подсистемы входит контроль правильности функционирования НКА, непрерывное уточнение параметров орбит и выдача на спутники временных программ, команд управления и навигационной информации.

Навигационные радиосигналы, излучаемые штатными НКА, образуют радионавигационное поле в околоземном пространстве (см. рис. 2.9, б), форма которого в первую очередь определяется количеством спутников и диаграммой направленности их передающих антенн. Расчеты показывают [6], что при

рабочей ширине диаграммы направленности в 38° диск Земли «освещается» с избытком до высоты 2000 км над ее поверхностью, т. е. до этих высот радионавигационное поле будет сплошным, а выше — дискретным (с разрывами).

Контроль целостности навигационного поля ГЛОНАСС заключается в контроле качества излучаемых спутниками системы навигационных радиосигналов и качества передаваемой ими навигационной информации. Для этого, во-первых, на спутниках ГЛОНАСС осуществляется непрерывный автономный контроль функционирования основных бортовых систем. В случае обнаружения нарушений их нормального функционирования на спутнике формируется признак его неисправности, который передается потребителю системы в составе оперативной информации навигационного сообщения с периодом 30 с. Максимальная задержка от момента обнаружения неисправности до момента передачи соответствующего признака не превышает 1 мин для спутника ГЛОНАСС. В усовершенствованном НКА ГЛОНАСС-М предусматривается уменьшение данной задержки до десяти секунд за счет введения соответствующего признака.

Во-вторых, качество навигационного поля ГЛОНАСС, т. е. исправность всех НКА системы, качество излучаемых ими навигационных радиосигналов и достоверность передаваемой ими информации контролируются аппаратурой контроля навигационного поля, входящей в наземный комплекс. Формируемый этой аппаратурой признак неисправности появляется в неоперативной информации навигационных сообщений (альманахах системы) всех спутников не позднее чем через 16 часов после появления неисправности, после чего передается в навигационных сообщениях с дискретностью 2,5 мин.

В соответствии с рассмотренными способами контроля навигационного поля в навигационных сообщениях каждого НКА системы передаются два типа признаков исправности (неисправности):

- признак B_n (I_n), нулевое значение которого обозначает пригодность данного спутника для проведения навигационных определений потребителями системы;
- совокупность обобщенных признаков C_n ($n = 1...24$) состояния всех спутников системы на момент закладки неоперативной информации (альманаха орбит и фаз); значение признака $C_n = 0$ указывает на непригодность спутника, имеющего системный номер n , для использования в сеансах навигационных определений, а значение признака $C_n = 1$ — на пригодность этого спутника.

Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени. Навигационной аппаратурой потребителей системы ГЛОНАСС выполняются беззапросные измерения псевдодальности и радиальной псевдоскорости до четырех (или трех) спутников ГЛОНАСС (так называемого рабочего созвездия), а также прием и обработка навигационных сообщений, содержащихся в составе спутниковых навигационных радиосигналов и описывающих положение спутника в пространстве и времени. В результате обработки полученных данных и принятых навигационных сообщений определяются три (или две) координаты потребителя, три (или две) составляющие вектора ско-

рости его движения, а также осуществляется привязка шкалы времени потребителя к шкале Всемирного времени UTC.

Данные, обеспечивающие планирование сеансов навигационных определений, выбор рабочего созвездия навигационных космических аппаратов и обнаружение передаваемых ими радиосигналов, передаются в составе навигационного сообщения.

Интерфейс между подсистемой НКА и приемной навигационной аппаратурой состоит из радиолиний L-диапазона. Каждый НКА передает навигационные радиосигналы в двух частотных поддиапазонах (L1 ~1600 МГц и L2 ~1250 МГц). Поскольку в системе ГЛОНАСС используется частотное разделение навигационных радиосигналов, то каждый НКА передает их на собственных частотах поддиапазонов L1 и L2. Спутники, находящиеся в противоположных точках орбитальной плоскости (антиподные НКА), могут передавать навигационные радиосигналы на одинаковых частотах двух типов: стандартной и высокой точности.

Сигнал стандартной точности с тактовой частотой 0,511 МГц предназначен для использования отечественными и зарубежными гражданскими потребителями. В отличие от GPS, в системе ГЛОНАСС не используется режим преднамеренного ухудшения характеристик навигационного сигнала стандартной точности; он обеспечивает возможность определения с вероятностью 99,7%:

- горизонтальных координат с точностью 50...70 м;
- вертикальных координат с точностью 70 м;
- составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с;
- времени с точностью 0,7 мкс.

Сигнал высокой точности с тактовой частотой 5,11 МГц модулирован специальным кодом и не рекомендуется к использованию без согласования с Министерством обороны Российской Федерации.

Спутники второй модификации (ГЛОНАСС-М) в поддиапазоне L1 передают сигналы, идентичные спутникам ГЛОНАСС, а в поддиапазоне L2 — дополнительные сигналы с кодом стандартной точности.

Навигационный радиосигнал, передаваемый каждым НКА, является многокомпонентным фазоманипулированным сигналом. Фазовая манипуляция несущей осуществляется на π радиан с максимальной погрешностью не более $\pm 0,2$ радиана. Фаза несущего колебания поддиапазона L1 в спутниках ГЛОНАСС и фазы несущих колебаний поддиапазонов L1 и L2 в спутниках ГЛОНАСС-М модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю два псевдослучайного дальномерного кода, цифровой информации навигационного сообщения и вспомогательного колебания типа меандр.

Основой для формирования всех перечисленных компонентов сигнала является бортовой цезиевый стандарт частоты каждого НКА (формирователь бортовой шкалы времени), суточная нестабильность которого составляет $5 \cdot 10^{-13}$ для спутников ГЛОНАСС и $1 \cdot 10^{-13}$ для спутников ГЛОНАСС-М. Точность взаимной синхронизации бортовых шкал времени спутников ГЛОНАСС составляет 20 нс (среднеквадратическое значение), а спутников ГЛОНАСС-М — 8 нс. Основой для формирования шкалы системного времени ГЛОНАСС является

водородный стандарт частоты наземного центрального синхронизатора системы, суточная нестабильность которого составляет $(1...5) \cdot 10^{-14}$. Расхождение между шкалой системного времени ГЛОНАСС и шкалой Всемирного времени UTC не превышает 1 мс при погрешности привязки ее к шкале UTC не более 1 мкс.

Шкалы времени каждого НКА ГЛОНАСС периодически сверяются со шкалой времени центрального синхронизатора. Необходимые поправки вычисляются управляющим комплексом ГЛОНАСС и дважды в сутки закладываются на борт каждого аппарата. Погрешность сверки шкалы времени НКА со шкалой времени центрального синхронизатора не превышает 10 нс на момент проведения измерений.

Шкала системного времени ГЛОНАСС корректируется одновременно с плановой коррекцией на целое число секунд шкалы Всемирного времени UTC. Коррекция шкалы UTC на величину ± 1 с проводится Международным бюро времени по рекомендации Международной службы вращения Земли. Коррекция шкалы UTC производится, как правило, с периодичностью 1 раз в год или в полтора года в конце одного из кварталов: в 00 часов 00 минут 00 секунд в полночь с 31 декабря на 1 января — 1-й квартал (или с 31 марта на 1 апреля — 2-й квартал, с 30 июня на 1 июля — 3-й квартал, с 30 сентября на 1 октября — 4-й квартал) и осуществляется одновременно всеми пользователями, воспроизводящими или использующими шкалу UTC. Предупреждение о моменте и величине коррекции UTC заблаговременно (не менее чем за три месяца) сообщается пользователям в соответствующих бюллетенях, извещениях и другими способами. Если в навигационных сообщениях спутников ГЛОНАСС первой модификации не содержится данных о коррекции UTC, то в навигационном кадре спутников ГЛОНАСС-М предусмотрено заблаговременное уведомление потребителей о факте, величине и знаке секундной коррекции.

При коррекции UTC проводится одновременная коррекция системного времени ГЛОНАСС путем соответствующего изменения оцифровки последовательности секундных импульсов бортовых часов всех спутников ГЛОНАСС. При этом метка времени строки навигационного кадра ГЛОНАСС (передаваемая каждые 2 секунды) изменяет свое положение (на непрерывной шкале времени) для синхронизации с 2-секундной эпохой скорректированной шкалы UTC. Это изменение происходит в 00 часов 00 минут 00 секунд UTC.

Псевдослучайный дальномерный код представляет собой последовательность максимальной длины регистра сдвига (M-последовательность) с периодом 1 мс и скоростью передачи символов 511 кбит/с.

Цифровая информация навигационного сообщения передается со скоростью 50 бит/с и делится на оперативную и неоперативную. Оперативная информация относится к тому аппарату, с борта которого передается данный навигационный радиосигнал; она содержит: признаки достоверности информации в кадре; время начала кадра; оцифровку меток времени НКА; сдвиг шкалы времени НКА относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС; относительное отличие несущей частоты излучаемого навигационного радиосигнала от номинального значения; эфемериды НКА и др.

Неоперативная информация (альманах) относится ко всем НКА и включает: данные о шкале времени системы; данные о шкале времени каждого спутника; данные об элементах орбит и техническом состоянии всех спутников системы; время, к которому относится альманах; параметры орбиты и др.

Форматы передачи цифровой информации подобны NMEA-183 и подробно рассмотрены в [2]. Проверка строк кадра, содержащих цифровую информацию, основывается на использовании кода Хемминга и заключается в исправлении одиночных ошибок (неверен один разряд строки) и обнаружении двойных (и большего четного числа) ошибок. Каждая строка цифровой информации представляет собой 85-разрядный код, причем старшие 77 разрядов содержат информационные символы (b85, b84...b10, b9); а младшие 8 разрядов — проверочные ($\beta_8, \beta_7... \beta_2, \beta_1$).

Для исправления однократных ошибок в 85-разрядных кодовых строках формируются контрольные суммы $C_1, C_2...C_7$, а для обнаружения двукратных (и большего четного числа) ошибок формируется контрольная сумма C_s . Для этого используются следующие правила:

- строка считается неискаженной, если все контрольные суммы $C_1...C_7$ и сумма C_s равны нулю, либо лишь одна из контрольных сумм $C_1...C_7$ равна единице и при этом $C_s = 1$;
- если две или более контрольных сумм $C_1...C_7$ равны единице и $C_s = 1$, то символ C_i исправляется на противоположный в разряде с порядковым номером $i = C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1 + 8 - K$, при условии, что $i \leq 85$, где $C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1$ — двоичное число, сформированное из контрольных сумм $C_1...C_7$ (все двоичные числа записаны младшими разрядами справа); K — номер старшей из отличных от нуля контрольных сумм. Если по формуле для C_i получается $i > 85$, то фиксируется факт наличия нечетного числа кратных ошибок и фраза не исправляется, а бракуется (стирается);
- если хотя бы одна из контрольных сумм $C_1...C_7$ равна единице, а $C_s = 0$, либо все суммы $C_1...C_7$ равны нулю, но $C_s = 1$, то фиксируется факт наличия кратных ошибок и фраза бракуется.

Поскольку для взаимно антиподных аппаратов в орбитальных плоскостях можно применять одинаковые несущие частоты, то для 24 штатных аппаратов минимально необходимое их число в каждом диапазоне частот равно 12, что достаточно очевидно, поскольку в зоне радиовидимости наземного потребителя не могут одновременно находиться взаимно антиподные аппараты.

Что касается космического потребителя, то он может одновременно «видеть» взаимно антиподные спутники, однако из двух таких спутников хотя бы один будет находиться ниже местного горизонта, что способствует возможности использования эффективной пространственной селекции навигационных радиосигналов от взаимно антиподных спутников. Кроме того, если в наземных объектах доплеровский сдвиг частоты может достигать максимального значения ± 5 кГц, то в низкоорбитальных космических объектах он составляет ± 40 кГц и, следовательно, в приемнике космического объекта легко может быть реализована эффективная доплеровская селекция навигационных радиосигналов от радиовидимых спутников.

В системе ГЛОНАСС для верхнего (1600 МГц) и нижнего (1250 МГц) диапазонов выбрана следующая сетка несущих частот:

$$f_{\text{нк}} = f_{\text{в0}} + k\Delta f_{\text{в}}; f_{\text{в0}} = 1602,0000 \text{ МГц}; \Delta f_{\text{в}} = 0,5625 \text{ МГц};$$

$$f_{\text{нк}} = f_{\text{н0}} + k\Delta f_{\text{н}}; f_{\text{н0}} = 1246,0000 \text{ МГц}; \Delta f_{\text{н}} = 0,4375 \text{ МГц};$$

$$f_{\text{вк}} / f_{\text{нк}} = 9/7,$$

где k — условный порядковый номер пары несущих частот $f_{\text{вк}}$ и $f_{\text{нк}}$ для навигационных радиосигналов 1600 МГц и 1250 МГц (распределение номеров между НКА отображается в альманахе системы и относится к неоперативной информации навигационного сообщения).

Заметим, что отношение $f_{\text{вк}} / f_{\text{нк}} = 9/7$ выбрано из условия минимизации погрешности, вызванной влиянием ионосферы [6].

Радиопередатчики навигационных радиосигналов в спутниках первой модификации излучают навигационные радиосигналы на переключаемых несущих частотах с номерами $k = 1 \dots 24$, т. е.

$$f_{\text{в1}} = 1\,602,5625 \text{ МГц}; f_{\text{в24}} = 1\,615,5000 \text{ МГц};$$

$$f_{\text{н1}} = 1\,246,4375 \text{ МГц}; f_{\text{н24}} = 1\,256,5000 \text{ МГц}.$$

При этом рабочие спектры узкополосных навигационных радиосигналов занимают полосу частот 1602,0...1616,0 МГц, а широкополосные — 1597,4...1620,6 МГц и 1241,3...1261,6 МГц. Поскольку в этой же полосе частот работают системы спутниковой радиосвязи и астрономические системы, то для исключения взаимных помех было принято решение об использовании с 2005 года несущих частот с номерами $-7 \dots 4$, а в аппаратах второй модификации (ГЛОНАСС-М) — с номерами $-7,0 \dots 12$.

Модулирующая последовательность, используемая при формировании сигналов стандартной точности для модуляции несущих частот поддиапазона L1 для спутников ГЛОНАСС и L1 и L2 для спутников ГЛОНАСС-М, образуется сложением по модулю два трех двоичных сигналов:

- псевдослучайного дальномерного кода, передаваемого со скоростью 511 кбит/с и периодом повторения 1 мс;
- навигационного сообщения, передаваемого со скоростью 50 бит/с;
- вспомогательного меандрового колебания, передаваемого со скоростью 100 бит/с.

Псевдослучайный дальномерный код снимается с 7-го разряда 9-разрядного регистра сдвига. Код начального состояния регистра сдвига соответствует наличию логической 1 во всех разрядах регистра. Начальным символом в периоде ПС дальномерного кода является 1-й символ в группе 11111100, повторяющейся через 1 мс. Образующий полином, соответствующий обратным связям в регистре сдвига, определяется формулой: $G(x) = 1 + x^5 + x^9$.

Навигационные сообщения формируются в виде непрерывно следующих строк длительностью 2 с. В первой части каждой строки в течение 1,7 с передается информация навигационного сообщения, а во второй ее части в течение 0,3 с — двоичный код метки времени. Двоичная последовательность информации навигационного сообщения образуется в результате сложения по

модулю два последовательности символов цифровой информации навигационного сообщения в относительном коде с длительностью символов 20 мс и меандра с длительностью символов 10 мс.

Двоичный код метки времени представляет укороченную двоичную псевдослучайную последовательность длиной 30 символов длительностью 10 мс каждый, которая описывается образующим полиномом $G(x) = 1 + x^3 + x^5$ и имеет вид: 111110001101110101000010010110.

Первый символ цифровой информации в каждой строке всегда равен логическому 0. Он является «холостым» и дополняет укороченную псевдослучайную последовательность предыдущей строки до полной (не укороченной).

В излучаемом навигационном радиосигнале границы двухсекундных строк, символов цифровой (навигационной) информации, символов меандра, границы символов укороченной последовательности и границы символов дальномерного кода синхронизированы между собой; границы символов меандра и границы символов цифровой информации совпадают с передними фронтами начальных символов дальномерного кода. Задний фронт последнего символа укороченной последовательности в навигационном радиосигнале является меткой времени и соответствует моменту, отстоящему от начала суток на целое и четное количество секунд в шкале времени спутника.

2.5. Приемные устройства СНС

Поскольку ГЛОНАСС-приемники на рынке практически не представлены, то в этом разделе речь пойдет о GPS-приемниках. В общем случае такие приемники, в зависимости от методов обработки GPS-сигнала, можно разделить на две категории:

- С/А-кодовые приемники гражданского применения, использующие информацию, которая содержится в спутниковом сигнале для вычисления местоположения объекта;
- фазовые приемники, которые используют сам радиосигнал для вычисления местоположения объекта.

Эти два метода обработки не являются взаимно исключаящими. Некоторые С/А-кодовые приемники могут выполнять ограниченную обработку фазы, и все фазовые приемники могут вычислять положения, основанные на кодовых измерениях.

Большинство современных фазовых геодезических GPS-приемников позволяют получить сантиметровой уровень точности в реальном времени. Однако ограниченное использование фазовых измерений совместно с кодовыми увеличивает время наблюдений на одной точке до нескольких минут. Использование технологии обработки фазовых измерений дает результат более точный, чем кодовые измерения. Однако при этом увеличиваются требования к процедуре сбора данных и требуется более сложная обработка «сырых» измерений. Например, для одной точки съемки требуется записывать более 10 минут непрерывных фазовых измерений, чтобы получить точность горизонтальных координат и высоты в пределах нескольких сантиметров. Поэтому приемники с

фазовыми измерениями используются в основном для выполнения специальных задач, в частности, при высокоточных геодезических измерениях.

В навигаторах гражданского назначения используются в основном кодовые СНС-приемники, принцип работы которых рассмотрен в раздел 2.1. Такие приемники выпускаются как в виде функционально законченных навигаторов, так и в виде отдельных блоков для совместной работы с ПК, ноутбуками и карманными компьютерами. Последние отличаются сравнительно невысокой стоимостью (\$50...80) и следующими характеристиками (на примере приемника HI-204S компании HiCOM (Тайвань)):

1. Чувствительность — -165 дБ/Вт (величина, типичная практически для всех GPS-приемников).

2. Погрешность позиционирования при выключенном S/A (см. раздел 2.1 и 2.3):

2.1. CEP (Circular Error Probable) — круговая вероятная ошибка, определяемая радиусом круга, который содержит 50 % ошибок, — 25 метров.

2.2. Погрешность определения времени — 0,1 с.

3. Режимы пуска (Acquisition):

3.1. Холодный старт (Cold start) — 48 с.

3.2. Теплый старт (Warm start) — 38 с.

3.3. Горячий старт (Hot start) — 8 с.

Указанные в п. 3 значения времени часто называют TTFF (Time To First Fix) — это время, необходимое для захвата минимального числа запеленгованных спутников и достаточное для дальнейших вычислений для холодного старта (первое включение приемника), теплого (выключение приемника на время удержания в памяти последнего альманаха запеленгованных спутников) и горячего старта (кратковременное выключение приемника).

4. Скорость обновления информации на выходе приемника (Update Rate) — 1 Гц.

5. Время восстановления приемником связи со спутниками после временного выхода из зоны покрытия (Reacquisition) — 100 мс.

6. Динамические характеристики:

6.1. Предельные значения рабочих высот — $-1000...18000$ м.

6.2. Предельная скорость подвижного объекта — 500 м/с.

6.3. Предельное ускорение — 4 g.

7. Рабочая температура — $-20...+75^{\circ}\text{C}$.

8. Температура хранения (Storage) — $-55...+90^{\circ}\text{C}$.

9. Влажность (Humidity) — 5...95 % (водостойкое герметичное исполнение).

10. Напряжение питания — $+3,8...8$ В. Испытания показали, что минимальное значение напряжения питания для HI-204S составляет 2,8 В, что в автономном режиме позволяет использовать три аккумулятора типа AA или AAA (минимальное напряжение разряда 1 В для каждого аккумулятора). Испытания трех других приемников (типа HI-204E) показали, что минимальное напряжение питания для них составляет 4,8 В вместо 3,8 В по паспорту.

11. Ток потребления при напряжении питания 3,3 В нормируется на уровне 80 мА, что близко к полученному при испытаниях. Для приемника типа HI-204E он составляет около 145 мА, что на 20 мА выше паспортного. Для

рассматриваемого приемника (HI-204S) предусмотрен режим энергосберегающего питания (Trickle Power) с потреблением 27 мА, однако для этого требуется специальная схема управления, поэтому в этом режиме он не проверялся.

12. Интерфейс связи приемника с регистратором (ПК, КПК и т. п.) — RS-232. Если быть более точным, то все встраиваемые приемники HiCOM снабжены разъемом PS/II (как у мыши PS/II) и (за отдельную плату) переходниками PS/II—USB и PS/II—DB9 (COM). В последнем случае кабель имеет дополнительный разъем типа PS/II (мама) для подключения источника питания.

13. Протокол связи — NMEA-0183 v. 2.20 с форматами GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG (см. раздел 2.3) и скоростью передачи 4800 бод.

14. Антенна — встроенная.

15. Размеры — 69 × 73 × 20 (Ш × Д × В).

16. Для крепления приемника (например, на крыше автомобиля) предусмотрена магнитная присоска.

17. Совместимость с системами дифференциальных поправок: WAAS и EGNOS (см. раздел 2.2).

18. Система координат (Datum) — возможность работы с 219 системами, включая WGS-84 (используется по умолчанию).

19. Процесс работы приемников индицируется красным светодиодом под его полупрозрачным колпаком: для HI-204S постоянное свечение означает поиск спутников, сбор и обработку данных, мигающее свечение — фиксацию своего местоположения, для HI-204E — наоборот.

20. В состав ПО приемников включены USB-драйверы, утилита GPSviewer и компакт-диск от дистрибьютора с демоверсией OziExplorer (гл. 3) и набором карт Москвы и большинства областей европейской части России. Утилита GPSviewer, рабочее окно которой показано на рис. 2.10, позволяет:

- провести диагностику интерфейса связи приемника с ПК; при нажатии кнопки Scan производится сканирование последовательных портов ПК с выводом в строке Com Port его номера, используемого для связи, и допустимую скорость передачи (в строке Baudrate);
- проверить работу системы энергосбережения (опция Power Save);
- проверить способность приемника принимать сигналы дифференциальных поправок (опция WAAS/EGNOS);
- проверить работу приемника в различных режимах старта (кнопки Hot Start, Cold Start, Warm Start);
- ознакомиться с содержимым сообщений протокола NMEA (в нижней левой части окна);
- получить планисферу спутников (в правой части окна);
- определить текущие дату (Date) и время (Time) по данным спутников;
- определить долготу (Longitude) и широту (Latitude) местоположения, фактор DOP, вид фиксации местоположения (Acquiring), уровень сигналов в виде гистограмм для спутников рабочего созвездия (номера этих спутников почему-то не соответствуют номерам обнаруженных спутников), направление (Direction), скорость (Speed), высоту (Altitude) и фактор PDOP.

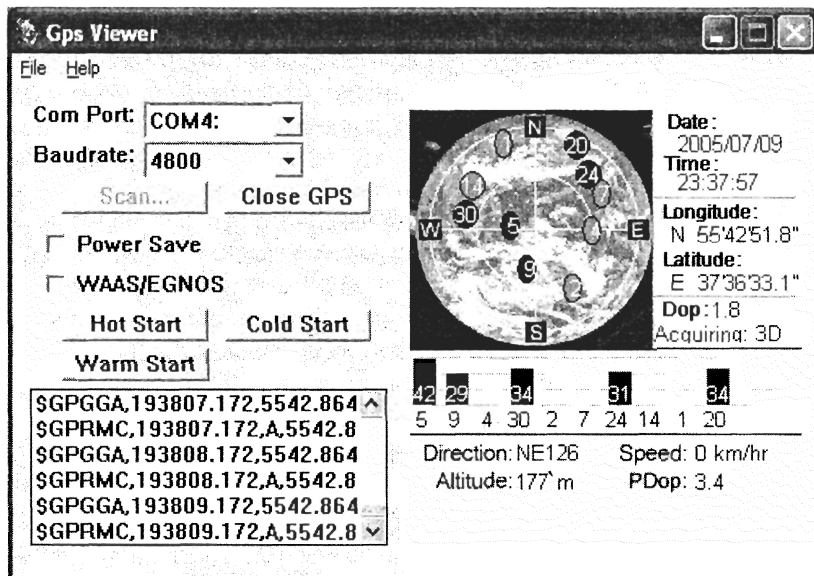


Рис. 2.10. Окно утилиты GPSviewer

Большинство GPS-приемников выполнено на чипсетах (больших интегральных схемах) американской компании SiRF Technology, основанной бывшими сотрудниками авторитетной в области геодезии компании Trimble Navigation. Уже в одном из первых GPS-приемников на чипсете SiRFstarI (1997 г.) были реализованы запатентованные алгоритмы SnapLock (захват спутника за десятую долю секунды вместо 2...3 с после выхода из перекрытой области, что очень важно для автомобилей, проходящих под мостами и через туннели), SingleSat (прогнозирование местоположения приемника, когда виден хотя бы один из них (обычно, если их меньше трех, то расчеты не производятся), Dual Multipath (игнорирование паразитных сигналов, образованных отражением основного сигнала от высотных зданий, скал и других поверхностей, что замедляет его попадание на приемник и вносит распределенную случайным образом погрешность определения координат), а также FoliageLoc — алгоритм, позволяющий принимать очень ослабленный сигнал, например в лесу. Реализующие такой алгоритм GPS-приемники принимают сигнал на 20 дБ ниже типичного уровня в 160 дБ, который может быть распознан обычным приемником. Хотя до сих пор на рынке продается немало устройств на чипсете SiRFstarI предыдущего поколения, компания активно продвигает на мировой рынок архитектуру GPS-чипсетов SiRFstarII, которая дополняет ядро SiRFstarI рядом полезных возможностей. В новую архитектуру добавлены механизмы отслеживания спутников без задействования процессорного модуля, реализована поддержка WAAS и EGNOS, а также усовершенствованный режим энергосбережения (Advanced Trickle Power Mode), когда электроника приемника «засыпает» на 800 мс из каждой секунды, а за оставшиеся 200 мс выполняется собственно поиск спутников, прием данных и вычисления.

Семейство GPS-чипсетов SiRFstarII сейчас составляют SiRFstarIIe (основной чипсет, в котором аппаратно реализованы WAAS, EGNOS, DGPS, есть

свой ARM-процессор ARM7TDMI и память объемом 1 Мбайт типа EDO DRAM), SiRFstarIIe/LP (чипсет с пониженным энергопотреблением — 60 мА на полной мощности и 20 мА в режиме TricklePower), а также бюджетный SiRFstarIIt, отличающийся отсутствием встроенного процессора в приемнике и перекладыванием всех его функций на микропроцессор того компьютера, с которым работает GPS-приемник. Для этого разработано специальное ПО SiRFNav с реализациями под различные платформы.

GPS-приемники в функционально законченной оформлениии (навигаторы) отличаются многообразием конструктивного исполнения, различного назначения и используемого программного обеспечения.

Сравнительный анализ навигаторов Eagle AccuNav Sport, Garmin 40, Garmin 45, Magellan 2000, Magellan 3000/4000, Garmin 75, Magellan, Trailblazer/Meridian XL, Magellan DLX-10, Trimble Scoutmaster, Garmin 38, Garmin 12 позволяет выявить следующие особенности такого класса устройств:

1. Количество кнопочных органов управления — 7...24.
2. Возможность отображения карты с текущими трассой и ориентирами.
3. Возможность временного квантования трассы — до 10 мин.
4. Отображение разномасштабных топографических карт.
5. Наличие графического указателя курса (компаса).
6. Количество ориентиров или путевых точек (Waypoints) — 100...1000.
7. Количество точек в текущей трассе — 41...1024.
8. Количество запоминаемых маршрутов — 1...20.
9. Количество аудиопредупреждений о приближении к опасным точкам на маршруте следования (например, крутые повороты) — 10...30.
10. Наличие комментариев к ориентирам.
11. Построение обратного маршрута (возврат к исходной точке).
12. Маркировка (ввод) точки на местности.
13. Символьное обозначение ориентиров.
14. Наличие функции MOV (человек за бортом).
15. Функция GOTO (двигаться к...).
16. Алфавитно-цифровые обозначения ориентиров.
17. Количество символов в названии ориентиров — 6...13.
18. Автоматическая смена направлений на маршруте.
19. Количество систем координат (Datum) — 1...106.
20. Местное и время по Гринвичу.
21. Усреднение зафиксированного положения.
22. Время восхода и захода Солнца.
23. Отображение фаз Луны.
24. Отображение ближайших ориентиров.
25. Указание координат с погрешностью до 0,001 минуты.
26. Указание высоты с погрешностью до 1 м (для WGS-84).
27. Отображение координат в системе UTM.
28. Вывод данных в форматах протокола NMEA-183.
29. Вывод трассы и ориентиров на ПК.
30. Ввод ориентиров с ПК.
31. Наличие фирменного ПО для ПК.
32. Наличие параллельных каналов.

33. Индикация расположения спутников (наличие планисферы).
 34. Индикация мощности сигнала спутников.
 35. Индикация ожидаемой точности измерений координат (PDOP, VDOP).
 36. Предельное значение измеряемой наземной или приземной скорости — 46...425 м/с.
 37. Наличие звуковой сигнализации.
 38. Настройка страницы на дисплее навигатора.
 39. Возможность подключения внешней антенны.
 40. Наличие встроенной антенны.
 41. Наличие складывающейся или поворотной антенны.
 42. Возможность использования DGPS.
 43. Наличие энергосберегающего режима (с отключением приемного тракта).
 44. Наличие встроенного автономного источника для сохранения данных в памяти приемника.
 45. Потребляемая мощность — 0,3...1,8 Вт.
 46. Время непрерывной работы в автономном режиме — 6...17 час.
 47. Время непрерывной работы в энергосберегающем режиме — 8...25 час.
 48. Количество батарей типа АА — 2...6.
 49. Масса с батареями — 255...850 г.
 50. Площадь экрана 13,5... 32,9 см².
 51. Нижняя рабочая температура — -10...20°C.
 52. Верхняя рабочая температура — +60...70°C.
 54. Допустимая перегрузка — 2...6 г.
 55. Время фиксации местоположения:
 - 55.1. без альманаха, без инициализации (Cold start) — 180...900 с;
 - 55.2. с альманахом за прошлые сутки, с инициализацией (Warm start) — 15...120 с;
 - 55.3. с повторным включением через 1 мин после выключения (Hot start) — 10...120 с.
 56. Объем внутренней памяти (1,44...128 Мбайт), определяющий возможность загрузки навигационных карт большого объема и количества.
 57. Возможность подключения карт дополнительной памяти (8...128 Мбайт).
 58. Положение навигатора при определении местоположения — горизонтальное, вертикальное, под углом к горизонту.
- Все модели имеют 1 год гарантии, подсветку дисплея, водонепроницаемый корпус, индикацию скорости и учет магнитного склонения. Кроме того, каждый производитель предлагает программы для ПК и большое количество дополнительных принадлежностей (внешние антенны, адаптеры электропитания, кабели для пересылки данных (COM, USB), кронштейны для крепления навигатора в автомобиле, на руле велосипеда и др.).
- В качестве примера рассмотрим наиболее простой «пешеходный» навигатор eTrex компании GARMIN, по конструкции и размерам напоминающий мобильный телефон (по мотивам статьи «Я купил eTrex, что мне с ним делать?», размещенной на сайте GPSinfo.ru).
- Прибор снабжен инструкциями на русском и английском языке и шнурком для переноски. Для этой же цели может быть дополнительно приобретен

кожаный чехол с креплением для пояса. Питание навигатора осуществляется от двух батареек типа АА.

При включении прибора (естественно, под открытым небом) на экран выводится заставка Garmin в виде бегающего в течение нескольких секунд человечка, расставляющего флажки. После заставки появляется экран (страница) Satellite (Спутники). В первом варианте этого экрана (Normal skyview) упрощенно отображается процесс поиска спутников. Второй вариант (Advanced skyview) более информативен: в верхней части отображается часть небесной сферы с расположенными на ней спутниками (планисфера — см. раздел 2.1). В нижней части экрана столбиками отображается интенсивность (мощность) принимаемого сигнала от соответствующего спутника.

В режиме Advanced skyview имеется пункт Orient sky ahead/northward. При выборе Orient sky northward расположение спутников на небе ориентируется по сторонам света, а при выборе Orient sky ahead — в соответствии с положением навигатора в горизонтальной плоскости (правильно отображается только при движении).

Управление навигатором производится с помощью меню, переключаемых кнопкой PAGE.

MAP — меню карты с изображением неподвижного (при отсутствии движения) или шагающего человечка (при движении) в режиме Orient map ahead. В режиме Orient map northward карта автоматически ориентируется на север, а вместо шагающего человечка положение и направление движения отображается стрелкой. Масштабирование карты производится кнопками UP и DOWN; в режиме Auto zoom карта автоматически масштабируется таким образом, чтобы пройденный трек полностью помещался на экране. В рассматриваемом меню доступны также команды:

Hide/show waypoints — скрыть/показать путевые точки на экране (при выключении отображения названия точек не закрывают трек).

Show course/bearing line — переключение курс/азимут.

Stop navigation — прекращение навигации.

COMPASS — индикация направления движения по отношению к сторонам света, но только при движении (если стоять на месте и крутить навигатор в разные стороны, то на экране ничего не изменится).

Кнопками UP/DOWN можно выбирать индикацию следующих величин: текущую скорость (SPEED), среднюю (AVERAGE SPEED) и максимальную скорости (MAX SPEED), направление движения по компасу (HEADING), азимут (BEARING), высоту над уровнем моря (ELEVATION), текущие координаты (LOCATION), время восхода (SUNRISE) и захода (SUNSET) солнца в данной местности, время в пути (TRIP TIME) или длину пройденного пути (TRIP ODOMETR). В меню предусмотрены также пункты:

Reset max speed — сброс значения максимальной скорости движения.

Reset trip — сброс значений TRIP TIME, TRIP ODOMETR и AVERAGE SPEED.

Stop navigation — прекращение навигации.

MARK — фиксация текущего местоположения в памяти приемника. При его выборе появляется экран Mark waypoint (Маркировка путевой (маршрутной) точки), для обозначения которой по умолчанию предлагается флажок и

имя в виде 001-999 для первой точки. Переместив курсор кнопками UP или DOWN на символ флажка и нажав кнопку ENTER, можно выбрать любой другой из списка в 29 символов. Аналогичным образом можно изменить и имя точки с использованием шести латинских букв, включая пробел, плюс, минус и знак подчеркивания. При этом вызывается подменю Edit waypoint name со списком букв, где для выбора используются кнопки UP и DOWN, а для редактирования — ENTER. В рассматриваемом меню можно также изменить описанным образом значение высоты над уровнем моря (ELEV) и координаты точки.

WAYPOINTS — операции с записанными в память маршрутными точками. Меню сопровождается вызовом одноименного экрана, где на соответствующей закладке, обозначающей первую букву, можно найти требуемую точку. Выбрав пункт Delete all, можно удалить все точки из памяти, подтвердив запрос: Do you really want to delete all waypoints? (Вы действительно хотите удалить все точки?).

На экране Waypoints можно, не зная имени, выбрать ближайшую точку с использованием кнопки Nearest внизу экрана, после чего открывается экран Nearest waypoints со списком точек, упорядоченных по возрастанию расстояния до них. Выбрав требуемую точку, попадаем в раздел Review waypoint, где, как и на экране Mark, можно изменить символ точки, ее имя, скорректировать высоту и координаты, а также удалить ее из памяти (с подтверждением намерения).

Если в рассматриваемом меню выбрать пункт MAP (Карта), то на экране отобразится участок карты с выбранной точкой в центре и расстоянием до нее вверху. При этом кнопками UP и DOWN можно изменять масштаб карты.

Если на экране Review waypoint выбрать пункт GOTO, то навигатор переключится в режим навигации к выбранной точке. При этом на экране COMPASS будет отображаться стрелка, указывающая азимут на точку, а на экране MAP от текущего местоположения до этой точки будет прочерчена черная прямая линия — маршрут следования. Отключается режим навигации выбора пункта Stop navigation в меню экрана COMPASS или MAP.

Если на экране Review waypoint выбрать пункт Project, то откроется экран Project waypoint, где можно задать точку с известным расстоянием до нее и азимутом. При нажатии кнопки ОК точка будет занесена в память приемника, а при нажатии GOTO навигатор переключится в режим навигации к новой точке.

ROUTE — создание маршрута следования с использованием маршрутных точек из списка Add waypoint to route, который открывается после нажатия кнопки ENTER и в котором можно выбрать требуемые, удалить из маршрута лишнюю или вставить новую перед имеющейся.

С помощью пункта Clear all можно очистить маршрут для записи нового.

Для движения по заданному маршруту выбирается пункт Follow, после чего указываются названия первой и последней точек в заданном маршруте — TO FINISH/TO START — и навигатор переключается в режим навигации. За 15 секунд до прибытия в конечную точку навигатор на любом включенном экране выдает сообщение Arriving destination (Прибытие в точку назначения).

TRACK — автоматическое отслеживание пройденного пути и изображение его траектории на экране. Если полученный таким образом трек необходимо запомнить (при выключении питания он исчезнет), то для этого выбирается пункт Track, а на вызываемом при этом экране Track log (журнал треков) — пункт Save для его записи в память приемника. При этом будет задан вопрос, с какого момента сохранить трек: со времени включения, с полудня (полночи) или весь трек. После этого выводится страница с треком. Чтобы пройти по нему еще раз в любом направлении, нужно выбрать пункт Trackback и направление движения: TO BEGIN/TO END (к началу или к концу маршрута), после чего навигатор переключается в режим навигации по пройденному пути. Переключив кнопками UP и DOWN бортовой компьютер на BEARING, на экране можно видеть значение азимута и реальный курс (HEADING). При этом вверху отображается оставшееся расстояние до заданной точки и время в пути. Отключается этот режим выбором пункта Stop navigation в меню экрана COMPASS или Map.

Отметим, что в рассмотренном режиме доступны кнопки Clear, Delete all — удалить текущий или все треки из памяти, а также информация об объеме памяти в процентах, занятой треками.

SETUP — настройки навигатора:

Time — выбор формата отображения времени (Time format): 12-часовой или 24-часовой; часового пояса (Time zone), например для Москвы это Moscow; выбор смещения относительно Всемирного времени (UTC offset).

Display — выбор времени автоматического выключения подсветки экрана: STAYS ON, 15 SECONDS, 30 SECONDS, 1 MINUTE, 2 MINUTES (НЕ ОТКЛЮЧАТЬ, 15 СЕКУНД, 30 СЕКУНД, 1 МИНУТА, 2 МИНУТЫ); установка ползунковым регулятором контрастности экрана.

Units — выбор формата отображения координат (Position frmt) (по умолчанию выбран формат hddd?mm.mmm); системы координат (Map datum) (по умолчанию установлена система WGS-84); выбор пользовательской настройки (User) при работе с нестандартными сетками координат; выбор единиц (Units) измерения координат и скорости; выбор опорного направления на Север (North ref): истинный азимут (TRUE), магнитный (MAGNETIC), линия координатной сетки (GRID) или выбранное пользователем (USER). Для возврата к настройкам по умолчанию выбирается пункт Defaults.

INTERFACE — выбор протокола обмена данными навигатора с компьютером или другим устройством.

SYSTEM — информация о номере версии программного обеспечения и выбор режима работы прибора: нормальный (Normal); энергосберегающий (Battery save) (более редкие измерения по сравнению с нормальным); демонстрационный режим (Demo).

Учитывая широкое распространение автомобильных навигаторов, рассмотрим их наиболее важные функции, на которые целесообразно обратить внимание при выборе GPS-приемника.

Объем памяти. Современные карты, загружаемые в GPS-приемники, обладают высоким уровнем детализации и содержат большое количество вспомогательной информации, что определяет их большие объемы. Специальные карты с поддержкой автоматической прокладки маршрута значительно боль-

ше и могут достигать нескольких десятков мегабайт. С учетом этого объем картографической памяти навигатора должен быть не менее 64 Мбайт. Кроме того, навигатор должен быть снабжен разъемами для подключения съемных модулей памяти (CF, MMC), которые пользователь может докупить самостоятельно.

Автоматическая прокладка маршрута (AutoRouting) — весьма удобная и необходимая функция в условиях ориентирования на незнакомой местности. Она позволяет автоматически сгенерировать маршрут от текущего местоположения до пункта назначения. В качестве точки назначения может служить определенный адрес, город, улица, POI и т. п. Функция поддерживается только при загрузке в навигатор специальных карт, которые содержат более подробную информацию о характерах дорог, развязках, знаках дорожного движения. Некоторые модели приемников позволяют выбирать характер сгенерированного маршрута — кратчайший, комфортный, по главным дорогам и т. п.

Звуковые подсказки. В целях обеспечения безопасности движения необходимо устранять все факторы, которые могут отвлекать водителя от процесса управления автомобилем. Контроль за соблюдением маршрута на экране GPS-приемника снижает внимание и может привести к тяжелым последствиям. В этом случае необходимы звуковые предупреждающие сигналы, информирующие водителя о приближающемся повороте, сходе с маршрута или скором прибытии в пункт назначения. В современных приемниках звуковые сигналы заменены на голосовые подсказки, сообщающие, сколько метров осталось до поворота или до конечной точки.

Путевые точки (Waypoint) — таких точек должно быть не менее 500. Описание каждой точки включает название (рекомендуется не менее шести символов) и иконку для отображения на карте. Путевая точка может быть использована как конечный пункт назначения при расчете маршрута.

Точки интереса POI (Point Of Interest) по сути являются путевыми точками, которые хранятся во внутренней памяти приемника и недоступны для редактирования пользователем. Изначально в памяти содержится несколько тысяч POI разных объектов: АЗС, посты ДПС, автомастерские, магазины, рестораны, отели, развлекательные центры и т. п. Библиотека точек может дополняться с фирменных CD. Современные картографические базы содержат информацию не только о местоположении, точный адрес и название объекта, но также телефон, по которому можно связаться и уточнить нужную информацию.

Треки (Track) — автоматически записываемый в память приемника путь, пройденный пользователем. При переполнении памяти новые данные записываются поверх старых, т. е. начало пути стирается. Считается, что количество сохраняемых точек в треке должно быть не менее 2000; в современных моделях этот параметр увеличен до 10000. Некоторые приемники позволяют настраивать частоту записи точек, выбрав один из параметров периода записи: автоматически, по времени или по расстоянию между соседними точками. Во многих приемниках Garmin реализована рассмотренная ранее функция TrackBack, позволяющая пользователю повторить пройденный путь в обоих направлениях.

Интерфейс. Несмотря на самодостаточность автомобильных GPS-навигаторов, интерфейс их связи с ПК позволяет сохранять точки, треки, маршруты и другие данные на компьютере. Можно также загружать в приемник карты, точки, маршруты, сохраненные ранее или полученные от других пользователей GPS-приемников. В ранних моделях навигаторов использовался медленный COM-порт, но все новые модели оснащаются USB-интерфейсом, который работает значительно быстрее.

Внешнее питание. Использование в навигаторах мощных быстродействующих микропроцессоров и контрастных цветных экранов с подсветкой требует повышенного потребления энергии, что в рассматриваемом случае достигается применением бортовой сети питания автомобиля. Подключение обычно осуществляется к разъему прикуривателя, поэтому при покупке навигатора необходимо обратить внимание на наличие в комплекте соответствующих кабелей.

Внешняя антенна. В условиях салона автомобиля, где часть неба закрывается крышей, количество видимых спутников может быть ограничено и недостаточно для удовлетворительного расчета координат. Более того, некоторые модели современных автомобилей используют лобовые стекла с обогревом (атермальные стекла), непроницаемые для навигационных сигналов. Для таких случаев должна быть предусмотрена возможность подключения к GPS-приемнику внешней антенны, которая, будучи установленной на крыше автомобиля, обеспечивает более качественный и надежный прием, позволяя определять позицию даже в густом лесу или вблизи высотных зданий.

Крепление. Для безопасной езды и комфортной навигации GPS-приемник необходимо надежно закрепить в салоне автомобиля. При этом приемник нужно расположить так, чтобы, с одной стороны, его экран был виден и читаем водителем в условиях различной освещенности, а с другой, обеспечивался прием навигационного сигнала в случае использования встроенной антенны.

Цветной TFT-экран таких размеров, чтобы водитель мог четко и быстро воспринимать выводимую информацию, а также легко выбирать команды сенсорными кнопками меню.

Подключение датчиков (dead reckoning), например спидометра и угла поворота руля, позволяющих в случае временной «потери» спутников рассчитывать траекторию движения автомобиля даже в отсутствие GPS-сигнала. При использовании специализированных гироскопов или инерциальных датчиков точность позиционирования в таких случаях значительно улучшается.

2.6. Некоторые применения СНС

GPS-технологии, в общем случае, могут найти применение везде, кроме мест, где нельзя принимать спутниковые сигналы, т. е. в зданиях, под землей, под водой и т. п. Любой, кому нужно знать, где он находится и откуда пришел, как ему добраться до нужного места, с какой скоростью он движется и когда доберется до цели, может легко пользоваться преимуществами, предоставляемыми GPS.

В качестве навигационного оборудования GPS находит применение в авиации (на коммерческих и любительских самолетах), в морском профессиональном и любительском судоходстве, в автомобилях и автомобильном транспорте, среди любителей пешего, горного, водного и лыжного туризма, среди охотников, рыболовов и велосипедистов.

Достаточно интересным является использование GPS учеными и исследователями в качестве источника точного времени. Действительно, как уже говорилось ранее, определение времени прохождения радиосигнала лежит в основе самой идеи использования GPS. С этой целью внутренние часы приемника постоянно синхронизируются с прецизионными атомными часами, установленными на спутниках. Это позволяет обеспечить точность измерения времени до долей микросекунд и при проведении научных экспериментов становится возможным повсеместно иметь абсолютно точные отметки времени.

Важное место занимает GPS в работе спасательных служб. При этом использование GPS-технологий позволяет существенно сократить затраты, связанные с поисковыми работами, и значительно сократить время проведения спасательных операций.

В настоящее время существует около тысячи различных моделей GPS-приемников более чем полутора сотен производителей. Выпускаемые GPS-навигаторы часто ориентированы на вполне конкретные применения. Исходя из этого критерия можно выделить «пешеходные» навигаторы (eTrex, Geko, GPS 12), «автомобильные» (GPSMAP 176 и 276), «морские» (Raychart, Chartmaster). Более универсальными являются GPS III+ и V, eMap и GPSMAP 76, GPSMAP 60C, Garmin Quest и др. В то же время имеется целый ряд комбинированных устройств, сочетающих функции GPS-навигатора и часов (Casio ProTrek PRT-2GP), GPS-приемника и GSM-телефона (Benefon ESC!, Benefon Track, Garmin Navtalk II).

Рассмотрим некоторые системы с использованием GPS-технологий.

ECDIS — электронная картографическая информационная система, предназначенная для отображения карт и местоположения судна, прокладки трассы движения и контроля отклонений от заданного маршрута, вычисления безопасных курсов, предупреждения судоводителя об опасности, ведения судового журнала, управления автопилотом и т. п.

ECDIS состоит из трех основных элементов — цифровых карт, записанных на каких-либо носителях (в основном на компакт-дисках), приемника GPS и компьютера с соответствующим программным обеспечением. Она применяется на больших судах профессионального флота, однако на малых судах (катерах, моторных и парусных яхтах, небольших рыболовных ботах) ее использование связано с большими трудностями из-за недостатка места и необходимости защиты компьютера от воды, влаги и соли. Поэтому для малого флота были созданы специальные приборы, известные под разными названиями: картплоттеры, навигационно-картографические системы, навигационные центры и др. Они содержат в герметичном корпусе приемник GPS, компьютер с навигационной программой и миниатюрный носитель картографической информации.

Носителями картографической информации для таких систем являются мини-картриджи. Если на лазерных компакт-дисках записываются большие

базы электронных карт, то на мини-картриджах обычно записываются наборы карт отдельных районов, количество которых зависит от емкости картриджа. Так, например, один картридж C-Map NT+ может содержать комплект карт Азовского и Черного морей. Кстати, коллекция картриджей этого типа обладает наибольшим покрытием Мирового океана. В ее состав входят также электронные карты отечественных регионов: Ладожского и Онежского озер, Финского залива, Баренцева, Белого, Азовского, Черного и Каспийского морей; акваторий, прилегающих к дальневосточному побережью России. Картриджи C-Map NT+ производятся международной компанией C-MAP, представителем которой в России является фирма «С-МАР Россия».

Существуют также картриджи, удобные для коротких «прогулочных» рейсов (Local), для переходов на средние расстояния (Standard) и для длительных путешествий (Wide). Например, если на одном картридже S (Standard) размещаются карты Онежского или Ладожского озер, то в состав картриджа W (Wide) входят одновременно карты обоих озер и восточного участка Финского залива. Специально для рыбаков выпущены картриджи, включающие в себя батиметрические данные. Большинство картриджей C-MAP NT+ содержат портовую информацию и информацию о приливах и отливах, которая может быть выведена пользователем на дисплей плоттера. В состав одного картриджа может входить более 150 электронных навигационных карт и планов портов различных масштабов (от 1:1 500 000 до 1:15 000).

Специальный пользовательский картридж (USER C-Card) позволяет записать координаты любых точек, которые могут понадобиться в следующем походе, будь то ресторан на берегу или место для подводного плавания.

Следует заметить, что источниками данных для электронных карт C-MAP являются официальные карты, выпускаемые гидрографическими службами, собственное производство по договорам с такими службами, оцифровка материалов съемки малых гаваней при отсутствии официальных бумажных карт (по заказу местных властей).

Картографическая база данных NT подвергается регулярной корректировке по извещениям мореплавателей. Новые выпуски базы данных NT производятся трижды в год. Пользователь может обменять старый картридж на откорректированный (впрочем, как и приобрести новый), просто обратившись в офис «С-МАР Россия» или к одному из дилеров.

Для предварительного навигационного планирования на домашнем ПК с использованием C-MAP NT+ предназначена программа PC Planner NT, функциями которой являются просмотр карт, масштабирование, создание пользовательских отметок, планирование маршрута, просмотр пройденного пути и др.

Картплоттер (или навигационный центр) — это функционально законченный прибор, содержащий в водонепроницаемом корпусе приемник GPS (в некоторых моделях приемник может быть и выносным), компьютер с навигационной программой, монохромный или цветной дисплей, клавиатуру для управления и разъем для подключения картриджа. В некоторых моделях приемник GPS отсутствует, а информация о собственных координатах поступает от внешнего источника. Обязательным элементом является порт для ввода-вывода информации в формате NMEA-0183 (см. раздел 2.3).

Типичным картплоттером является популярная модель Raychart 520 с монохромным дисплеем и его аналог Raychart 530 с цветным английской компании Raymarine. Оба картплоттера имеют 12-канальный GPS-приемник со встроенной антенной, так называемую системную мировую карту, возможность хранения 1000 путевых точек и 20 маршрутов. Картплоттеры имеют дисплей размером 7", питание 10,7...44 В, габариты 223 × 205 × 152 мм, массу 3,5 кг. Подробные карты какого-либо конкретного района вводятся с картриджа.

Как и все навигаторы, картплоттеры снабжены многочисленными пользовательскими функциями, в частности:

MOV (Человек за бортом) — позволяет запомнить место упавшего за борт человека и перевести картплоттер в режим навигации на точку падения.

HOME, Find ship или Ship (Возврат к судну) — отображение участка карты с местоположением судна; используется при потере отметки судна.

Навигационные сигналы тревоги (предупреждений) — дополнительными причинами к выработке таких сигналов может быть недостаточная глубина и дрейф судна на якоре.

Эхолот — функция, позволяющая считывать с карты текущие значения глубины и отображать их на экране.

Каждый картплоттер содержит набор информационных данных, объем и содержание которого могут быть различными в разных моделях. Часть информационной базы вводится при производстве приборов, а основная часть поступает вместе с электронной картой района.

Основную часть базы данных составляет навигационная информация, обязательно присутствующая в каждом картплоттере. Сюда входят сведения о глубинах, навигационных опасностях, навигационной обстановке, названия островов, заливов, портов и т. п. Такие данные обычно выводятся автоматически в информационное окно при наложении курсора на данный объект или, в некоторых моделях, при попадании отметки судна в установленную область около объекта. При желании можно получить более подробную информацию об отмеченном объекте: высоту, цвет и характеристики огней маяков, буев и вешек; характеристики районов плавания, сведения о наличии запретов на плавание, рыбную ловлю и т. п.

Второй блок данных может содержать список портов и укрытий для данной карты с расстояниями до судна и направлениями на них; их характеристики (наличие телефона и телеграфа, больницы, нефтебазы; особенности акватории). Нередко список портов выстраивается по возрастанию расстояний до судна, что позволяет в случае необходимости быстро выбрать ближайшее укрытие.

Управление всеми картплоттерами осуществляется чаще всего с помощью меню и функциональных клавиш. При этом устанавливаются необходимые настройки дисплея, трассы, единиц измерения, охранных зон, создаются маршруты и путевые точки.

Движение судна отображается на дисплее одним из двух способов. В первом случае его отметка остается неподвижной в центре экрана на фоне движущейся карты; во втором случае отметка движется от центра к краю экрана и по достижении его возвращается назад одновременно со сдвигом карты.

При необходимости может отображаться траектория движения судна и его текущие координаты.

Важную роль в работе с картплоттером играет курсор. С его помощью решается множество задач: измерение азимута и дальности до объектов, определение их координат, создание путевых точек и маршрутов, получение информации и многое другое. Например, если в ходе плавания возникает необходимость определения расстояния до какого-то объекта на карте (банки, вешки), то достаточно навести перекрестие курсора на эту точку, и в информационном окне появятся ее координаты, а также дальность и направление относительно судна. Аналогичным образом с помощью курсора получают информацию об отмеченных на карте названиях островов, населенных пунктах, портах, о навигационной обстановке, глубинах и т. п. Очевидно, что работа с картплоттером практически не отличается от работы с навигационными программами, рассмотренными в главе 3.

В современных картплоттерах при плавании по маршруту контроль отклонения осуществляется двумя способами: по положению отметки судна на проложенной трассе движения или с помощью специальных графических индикаторов. Некоторые модели картплоттеров могут объединять на одном экране оба режима, что делает более удобным судовождение в сложной навигационной обстановке. Кроме того, графические индикаторы позволяют пользоваться прибором как обычным приемником GPS в тех местах, для которых карты C-Mar NT отсутствуют.

Если маршрут создан заблаговременно на ПК и хранится в памяти прибора, то через меню входят в библиотеку маршрутов, находят нужный и активируют его одним из имеющихся способов, после чего на экране отобразится участок карты с проложенным маршрутом и картплоттер перейдет в режим навигации. При этом в окне данных появятся значения направления на первую путевую точку маршрута, дальность до нее, время в пути, время прибытия и отклонения от истинного курса. По прибытии в первую точку прибор автоматически перейдет в режим движения к следующей точке и т. д., вплоть до прибытия к конечному пункту плавания. Приближение к точке на определенное расстояние может по желанию сопровождаться звуковым сигналом одновременно с появлением сообщения в информационном окне экрана.

Навигация по путевым точкам является частным случаем плавания по маршруту, поэтому методы использования картплоттера в этом случае аналогичны. Путевые точки могут создаваться заблаговременно на ПК и храниться в памяти прибора, откуда они могут извлекаться, активироваться с помощью функции GOTO и использоваться для навигации. Создание путевых точек в ходе плавания очень эффективно осуществляется с помощью курсора: для этого достаточно навести его перекрестие на нужное место и нажать кнопку GOTO — и картплоттер перейдет к навигации на выбранную точку.

Картплоттер, несомненно, удобнее бумажной карты; он не мнется, не рвется, не намокает, им легко пользоваться, у него более богатые информационные возможности. Однако бумажная карта остается по настоящий день, наряду с вахтенным журналом, основным документом мореплавателя, по которому, в случае аварии, будут разбираться компетентные органы.

Система «Гонец» разработана НИИ точных приборов и НПО прикладной механики; она базируется на 45 низкоорбитальных спутниках (9 аппаратов в пяти плоскостях) и рассчитана на обслуживание более 1,5 млн пользователей. Технологические решения позволят обеспечить передачу данных со скоростью до 9,6 кбит/с в прямом и до 64 кбит/с в обратном канале.

Система предусматривает следующие схемы передачи информации по сети:

- ретрансляция в зоне обслуживания одного спутника;
- перенос данных между абонентами через спутник (режим «почтового ящика»);
- ретрансляция через наземную станцию;
- ретрансляция через магистральные каналы наземной или спутниковой связи.

В режиме «почтового ящика» отправитель передает спутнику, находящемуся в зоне радиовидимости, сообщение «в конверте» с номером зоны обслуживания и адресом получателя. Записанное в память бортового оборудования сообщение передается получателю, когда спутник пролетает над указанным «на конверте» регионом. Время доставки сообщения в пределах России и СНГ — не более 70 мин. Оперативность доставки можно существенно повысить, если организовать передачу информации между соседними аппаратами или использовать спутники других систем связи.

Структуру системы «Гонец» составляют космический сегмент, центры управления системой, региональные станции и абонентские терминалы. Центры управления системой не только обеспечивают обычные функции, но и организуют работу каналов связи, устанавливают приоритеты доступа, осуществляют контроль бортовых систем и телеметрической информации, а также выполняют необходимые вычисления для определения зон обслуживания.

Частью архитектуры сети «Гонец» являются региональные наземные станции, каждая из которых одновременно может использовать три спутника. В функции станции входит организация связи в регионе, в том числе коммутация и маршрутизация потоков данных и подключение абонентов системы к сетям общего пользования, выделенным ведомственным радиосетям и локальным сетям.

Абонентские терминалы (стационарные, переносные, мобильные, автономные, речевые и приемные) включают в себя малогабаритный приемопередатчик с ненаправленной антенной, обеспечивающей связь без подстройки и поиска. Различные модификации терминала комплектуются устройствами, учитывающими конкретные условия и требования эксплуатации. Например, стационарный терминал предназначен для подключения к ПК или сети Ethernet, автономный устанавливается на нефте- и газопроводах и позволяет программировать режимы работы и сбор/передачу данных от аппаратуры датчиков, а приемный представляет собой обычный спутниковый пейджер, обеспечивающий прием до 1 кбит информации. При необходимости терминал комплектуется навигационным устройством, позволяющим благодаря системам навигации GPS или ГЛОНАСС определить местоположение объекта с точностью до 100 м.

В системе «Гонец» предусмотрены три уровня защиты информации от несанкционированного доступа: использование специальных протоколов обмена, авторизация доступа и программно-аппаратное шифрование данных.

Система EutelTracs (<http://www.esa.com/>, www.esrin.esa.it) используется в Европе, Северной Африке и на Ближнем Востоке. В состав сети EutelTracs входит центральная станция и станция маршрутизации («почтовый ящик» системы, расположенный во Франции), а также несколько спутниковых диспетчерских пунктов и мобильные терминалы. Связь с абонентами устанавливается с помощью спутниковых диспетчерских пунктов. Станция маршрутизации выполняет обработку сообщений и выдает разрешение на установление соединения. Диспетчерские пункты могут быть связаны со станцией маршрутизации по телефонным линиям общего пользования (PSTN) или каналам сети передачи данных (PSDN). Определение местоположения абонента в сети EutelTracs осуществляется с помощью GPS-приемника.

Система Prodat (www.esrin.esa.it/, www.sat.com/, www.alenia.com) разрабатывалась Европейским космическим агентством (ЕКА) исключительно как система передачи данных на суше. Это решение было принято в соответствии с проведенными ЕКА исследованиями функциональных особенностей мобильных терминалов морского, сухопутного и воздушного базирования. Согласно полученным результатам, ухудшение приема для терминалов разных типов обусловлено чисто физическими факторами: для морских и воздушных терминалов наиболее сильные помехи вызваны многолучевостью, а для наземных — искажениями, связанными с рельефом земной поверхности. Разработка специализированной сети передачи данных для наземного применения позволила ЕКА реализовать протокол передачи данных, минимизирующий в канале спутниковой связи влияние типичных помех, возникающих из-за рельефа местности.

Вначале (с 1994 года) систему Prodat обслуживали спутники MARECS-A и B2 (Maritime European Community Satellite), затем в 1996 году был введен в эксплуатацию спутник ITALSAT-2 компании Alenia Spazio, а в 1997 году — спутник ARTEMIS, работающий в диапазоне частот 1,5...1,6 ГГц. Зона обслуживания ITALSAT-2 — вся Европа (до Урала). Наземный сегмент системы Prodat является центром управления, связанным со спутником и различными наземными сетями. Для связи с центральной станцией используется С-диапазон (4...6 ГГц), а для связи с мобильными абонентами — L-диапазон. Прямой канал (центральная станция — мобильный терминал) обеспечивает скорость 1,5 кбит/с при передаче данных с временным разделением каналов в стандарте BPSK/TDM, а обратный — около 600 бит/с (длина сообщения 384 бит, пакет из 8 блоков по 48 бит) в стандарте SS-DMA (кодированное разделение каналов с использованием широкополосных сигналов).

Система Prodat поддерживает связь мобильных объектов между собой, с центром управления и со стационарными абонентами сетей общего пользования. Мобильный терминал Prodat состоит из трех блоков (внешний, связной и оконечное устройство пользователя) и оснащен встроенным приемником, позволяющим определять местоположение мобильного абонента с помощью спутниковой (GPS, ГЛОНАСС) или наземной (LORAN-C) системы навигации. Внешний радиочастотный блок со всенаправленной антенной (диаметр

антенны 1,05 м, высота 1,3 м, вес 180 г) может размещаться как внутри, так и снаружи транспортного средства. Внутренний связной блок оборудован устройством передачи данных. Оконечное устройство пользователя представляет собой блок, оснащенный ЖК-дисплеем (8 строк по 40 символов), специализированной 60-клавишной клавиатурой (размеры 220 × 210 × 90 мм, масса 1,5 кг) и портативным принтером. Дополнительно поставляется 5-кнопочная панель, обеспечивающая передачу стандартных сообщений. Кроме услуг, стандартных для AVLS, система Prodat позволяет осуществлять сбор метеоданных, экологической информации, а также оперативную связь со службами безопасности при возникновении экстренных ситуаций.

Система ORBCOMM (<http://www.orbital.com/>, <http://www.orbcomm.net/>), предназначенная для пакетной передачи данных, разрабатывалась международной организацией Orbital Communications (образована американской фирмой Orbital Sciences и канадской телекоммуникационной корпорацией Teleglobe). Основными функциями системы являются: автоматизированный сбор данных о координатах и состоянии объектов, предоставление услуг электронной почты и определение местоположения пользователя с помощью автономной навигации ORBCOMM и устройств системы GPS. По охвату зон обслуживания система в полной мере относится к глобальным, поскольку ее космический сегмент обеспечивает работу с абонентами из разных стран мира, в том числе из США, Канады, России, ЮАР, Нигерии, а также из стран Южной Америки.

В космический сегмент системы входят 36 микроспутников (четыре на двух околополярных орбитах и по 8 в 4 орбитальных плоскостях с наклоном 45 градусов). Высота орбиты 775 км, масса спутника 39,5 кг, срок эксплуатации 4 года. Спутники системы ORBCOMM разрабатываются компанией Orbital Sciences на базе собственной платформы Microstar, обеспечивающей вывод аппарата на орбиту с помощью выпускаемых этой же компанией ракет-носителей Pegasus, Pegasus XL и Taurus.

Запуск двух первых экспериментальных спутников (Flight Model 1 и 2) ракетой РН Pegasus был произведен с борта самолета-носителя L-1011 в 1995 году. Несмотря на сбои в установлении связи, количество сообщений, переданных этими спутниками, превысило 300 тыс.

В составе бортового оборудования, кроме приемопередающих устройств дециметрового и метрового диапазонов и антенного комплекса, предусмотрена аппаратура радионавигационной системы GPS. Канал «спутник-Земля» (рабочий диапазон частот 137...138 МГц) используется для передачи данных в комбинированном стандарте TDMA/FDMA (скорость передачи мобильному объекту 2,4 кбит/с), а обратный (полоса 148...149,9 МГц) — в стандарте FDMA (скорость передачи 4,8 кбит/с). Для связи с узловой станцией, входящей в наземный сегмент, используется высокоскоростной канал 57,6 кбит/с. На спутнике ORBCOMM установлен приемник системы GPS, что обеспечивает автономное определение координат абонента, поскольку расчет параметров орбиты спутника производится на борту и рассылается не только наземным станциям, но и мобильным пользователям. При этом точность определения координат зависит от диапазона рабочих частот приема и числа спутников в

зоне обслуживания, однако разработчики считают, что даже в самом худшем случае (частота 137 МГц, один спутник) погрешность не превысит 1100 м.

Наземный сегмент представлен центром управления космическим сегментом в штате Вирджиния, узловыми станциями и региональными центрами управления сетью, которые отвечают за трафик и сопряжение с другими сетями передачи данных (в частности, с Internet) или с наземными абонентами (по выделенным каналам и сети общего пользования). Каждая узловая станция в системе ORBCOMM осуществляет связь одного спутника с центрами управления. Соединение в ORBCOMM устанавливается по запросу как пользователя, так и узловой станции. Кроме того, в функции узловой станции входит организация опроса датчиков на необслуживаемых объектах. Согласно расчетам Orbital Sciences, для охвата всей территории США достаточно четырех наземных станций на территории штатов Вашингтон, Аризона, Нью-Йорк и Джорджия.

В ORBCOMM предусмотрены несколько модификаций:

- персональный компании Orbital Communications;
- для водных и сухопутных транспортных средств (компаний TST и Panasonic);
- для сбора данных об удаленных объектах и определения местоположения мобильных объектов (компания Torrey Science & Technology, США);
- для передачи специальных охранных сигналов (фирма Samsung, Южная Корея);
- для автотранспорта и сбора информации с датчиков нефте- и газопроводов (компания Elistra, Израиль).

Система безопасности и управления транспортом «Вектор» компании RRC Business Telecommunications, активно работающей на российском рынке телекоммуникаций около 5 лет. Система относится к приборам автоматического мониторинга транспортных средств, получивших на западе название AVL (Automatic Vehicle Location System) или APRS (Automatic Position Reporting System). В данном случае система обеспечивает взаимодействие водителя с различными сетями мобильной связи — Inmarsat, Mobitex, транковыми сетями (MT1327) и сотовыми системами — на территории, охватывающей почти всю страну. При необходимости можно передать дублированный аварийный сигнал в диспетчерский центр и региональные государственные правоохранительные учреждения, что, согласно договору МВД РФ и RRC, позволяет рассчитывать на оперативные меры по обеспечению безопасности транспорта.

Система «Вектор» использует оборудование Inmarsat в стандарте C (Inmarsat-C) и спутниковую систему навигации GPS. Комплект оборудования монтируется в автомобиле, а специализированное ПО устанавливается на диспетчерском пункте, который обеспечивает круглосуточную связь с мобильным объектом и определяет его местоположение с точностью от 25 до 80 м. Основное оборудование системы «Вектор» разработано голландской компанией Symac Systems BV.

Компания RRC выполнила полную локализацию ПО диспетчерского центра и абонентских терминалов. Она поставляет также специализированные программы управления или контроля датчиков автомобильного оборудования

(терминала сети) в соответствии с требованиями заказчика. Кроме того, своим клиентам RRC предлагает услуги собственного диспетчерского центра или организацию диспетчерского центра на территории заказчика.

Диспетчерский центр подключен к сети почти из 40 наземных станций системы Inmarsat-C (LES), в функции которой входит непосредственная передача сообщений бортовому оборудованию автомобиля через спутник (время доставки сообщения — не более 5 мин). В диспетчерском центре установлен ПК, подключенный через модем (протокол передачи X.25, X.400, TCP/IP) к наземной станции Inmarsat. Базовое ПО диспетчерского центра — программа интерактивного управления LOGIQ Dispatch Interactive компании Simac — полностью адаптировано для российских условий.

Кроме того, в состав системы «Вектор» входит специальный картографический модуль (GEO) с набором карт, разработанный специалистами RRC (карты разного масштаба поставляются партнерами RRC). Программа LOGIQ Dispatch позволяет диспетчеру отправлять и получать сообщения в заранее определенной форме и определять координаты транспортного средства, а также вносить изменения в сопровождающие груз документы (для этого в комплект оборудования абонента включается портативный термопринтер). Коммуникационная часть ПО, установленная в диспетчерском центре, обеспечивает связь с мобильными объектами как через связанный с ним диспетчерский пункт Inmarsat, так и через одну из наземных станций системы Inmarsat-C, объединенных в сеть с протоколом доступа X.25. Система «Вектор» поддерживает передачу так называемых макросообщений, аварийных сообщений, сбор информации от датчиков автомобиля, а также дает возможность получить данные автоматического опроса состояния датчиков по заданной программе (по запросу диспетчерского пункта или водителя).

На автомобиле устанавливается мобильный терминал LOGIQ MDT (MDA) со спутниковым приемопередатчиком и антенной. Бортовой компьютер LOGIQ MDT (на базе процессора V25) находится на передней приборной панели и имеет типичную компьютерную клавиатуру с набором специальных функциональных клавиш и небольшой ЖК-экран для вывода коротких сообщений или форм (4 строки по 40 символов). Спутниковая антенна имеет высоту около 13 см с основанием 15 см и рассчитана на прием сигналов GPS и обмен данными в системе Inmarsat. Даже при пропадании спутникового сигнала автономная система определяет курс, исходя из последних данных GPS.

Следует заметить, что наряду с системами GSM/SMS/GPS на рынке мобильных услуг появилось достаточно много предложений по системам мониторинга подвижных объектов, базирующихся на технологиях спутниковой навигации и пакетной передачи данных GPRS в сетях GSM, что позволяет значительно снизить стоимость услуг определения координат мобильных объектов. Например, компания RussGPS для этого предлагает телематический сервер со специализированным программным обеспечением и абонентские терминалы GSM/GPRS/GPS ведущих зарубежных производителей. Другая компания — «Юником» — предлагает CityPoint — программно-аппаратный комплекс автоматизированной навигационно-диспетчерской системы управления транспортом предприятия на базе GPS/GPRS. Этой компанией разработаны типовые решения для организаций разных отраслей — служб ЖКХ,

медицинской помощи, пожарных, МЧС, маршрутных такси, предприятий по перевозке грузов. CityPoint позволяет диспетчеру в режиме реального времени наблюдать за перемещениями контролируемых транспортных средств, получать голосовые уведомления, сообщения о включении тревожной кнопки и информацию с датчиков. В отличие от RussGPS, компания «Юником» предоставляет клиентам универсальные телеметрические контроллеры ТС-А собственного производства.

Независимые компании, специализирующиеся на мобильном позиционировании, активно действуют не только на московском, но и на региональных рынках. Несколько мониторинговых систем функционируют в Санкт-Петербурге, в частности, системы «Навигатор» (разработка «Навси»), Tracег (фирма «НиКом») и «Андромеда» («Си-Норд»). Аналогичные системы действуют в Екатеринбурге, Новосибирске и других крупных городах России.

2.7. СНС в Интернете

Наиболее полный перечень информационных источников по СНС приведен на сайте gps.ru. В этот перечень входят форумы и сайты следующих организаций:

Форумы и сайты по общим вопросам СНС

1. Координационный Научно-информационный центр МО РФ (официальный сайт, посвященный системе ГЛОНАСС).
2. Федеральное агентство геодезии и картографии России.
3. Госземкадастръемка.
4. Обзор системы NAVSTAR (университет штата Колорадо).
5. U.S. Coast Guard Navigation Information Service (состояние космического сегмента, расписание запусков, данные альманаха и т. п.).
6. Interagency GPS Executive Board (официальные документы и уведомления о системе NAVSTAR).
7. The Radio Technical Commission for Maritime Services (сайт радиотехнической комиссии США морских служб).
8. Joe Mehaffey and Jack Yeazel's GPS Information Website (информация о персональных GPS-приемниках).
9. Tom's Garmin GPS Pages (все о GPS-приемниках Garmin).
10. GPS Nuts (информация о персональных GPS-приемниках).
11. GPS Enthusiasts Webring (сборник англоязычных ресурсов, посвященных GPS).
12. U.S. Department of Transportation (департамент транспорта США).
13. Institute of Navigation (институт навигации, США).
14. Военно-морская обсерватория США.
15. GPSinfo.ru (регулярное сетевое издание, посвященное современным технологиям навигации и местоопределения).
16. Спутниковая навигация на Report.ru.
17. GIS-Lab: геоинформационные системы (ГИС) и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

Форумы и сайты по использованию GPS-оборудования

18. Форум компании «НавГеоКом» (геодезическое оборудование).
19. Форум о персональных GPS-приемниках компании Boston Group.
20. Практические аспекты использования GPS-навигаторов с компьютерами Palm.
21. Сайт спортивной спутниковой навигации.
22. Геоэкшинг (определение географических координат тайников с помощью навигационного приемника и публикация информации о них на сайте).

Производители GPS-систем

23. Allen Osborne Corp. (США).
24. Axiom Navigation (США).
25. CSI Wireless (Канада).
26. DeLORME (США).
27. Falcon Aerospace Corporation (Тайвань).
28. Garmin (США). Есть представительство в России.
29. Javad Navigation Systems (США). Есть представительство в России.
30. Leica (Швейцария). Есть представительство в России.
31. Magellan (США).
32. Motorola-GPS (США).
33. Novatel (Канада).
34. Sokkia (Япония). Есть представительство в России.
35. Thales Navigation (Франция) (бывший Ashtech). Есть представительство в России.
36. Topcon Positioning Systems (Япония). Есть представительство в России.
37. Trimble (США). Есть представительство в России.
38. К.Б. Навис (Россия).
39. Российский институт радионавигации и времени (Россия).

Поставщики GPS-оборудования в России

40. НавГеоКом (Москва) — GPS-оборудование компании Trimble.
41. Геокад (Новосибирск) — GPS-оборудование компании Trimble.
42. Г.Ф.К. (Москва) — GPS-оборудование компании Leica.
43. GPScom (Москва) — GPS-оборудование компании Novatel.
44. Прин (Москва) — GPS-оборудование компании Topcon.
45. Навиком (Москва) — GPS-оборудование компании Garmin.
46. Boston Group (Москва) — GPS-оборудование компании Garmin.

Навигационные комплексы и ПО для GPS

47. Des Newman's OziExplorer Page.
48. Программное обеспечение «ФУГАВИ» для навигации с помощью GPS (англ.).
49. GPSMapEdit (программа для редактирования карт GARMIN).
50. GPS TrackMaker (Communication Program for GPS and Data Treatment).
51. VisualGPS.
52. Навигатор (Санкт-Петербург) (системы слежения за транспортом).
53. НиКом (Санкт-Петербург) (системы слежения за транспортом).
54. Ратеос (Москва) (системы слежения за транспортом).

Спутниковый сервис дифференциальных поправок

55. OmniSTAR.

56. Racal LandStar.

Постоянно действующие GPS базовые станции

57. Постоянно действующая GPS базовая станция «ГАИШ—Навгеоком» (на территории МГУ, г. Москва).

58. Постоянно действующая GPS базовая станция «Пулково—Навгеоком» (на территории Пулковской обсерватории, г. Санкт-Петербург).

59. Постоянно действующая GPS базовая станция НТЦ «Шельф» — «Навгеоком» (г. Архангельск).

60. Постоянно действующая GPS базовая станция ООО «НПИГТР» — «Навгеоком» (г. Находка).

61. Постоянно действующая GPS базовая станция «Бюро кадастра Таганрога»—«Навгеоком» (г. Таганрог).

62. Постоянно действующая GPS базовая станция на территории института горного дела Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург).

63. Постоянно действующая GPS/ГЛОНАСС базовая станция (Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, г. Москва).

64. Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC).

65. International GPS Service (IGS).

66. Точные эфемериды GPS-спутников (сервер NASA).

Журналы и информационные центры

67. ГИС ассоциация (Россия).

68. Геопрофи (Россия).

69. GPS World (США).

70. POB (Point of Beginning) (США).

71. Professional Surveyor (США).

72. GIM International (Голландия).

Карты и маршрутные точки для GPS

73. «ИНГИТ» ООО (карты и ГИС).

74. «Киберсо» ЗАО (карты и ГИС).

75. PocketGPS (карты Москвы и Московской области для Pocket PC).

76. Библиотека маршрутных точек Waypoints.

77. Waypoints Exchange (библиотека маршрутных точек и точек по интересам (POI)).

78. Veslo.ru (карты и ссылки на другие сайты с картами).

79. «Поехали!» (Карты и ссылки на другие сайты с картами).

80. Карты для GARMIN.

Как видно из приведенного перечня, российская ГЛОНАСС занимает в нем достаточно скромное и малозаметное место, несмотря на то, что начали ее создавать практически одновременно с американской GPS. Это один из многочисленных примеров нашей действительности, когда личные интересы и безрассудная алчность идут вразрез с общими интересами и престижем страны, лидировавшей в свое время в освоении космоса.



3. OziExplorer и другие навигационные программы

Программа OziExplorer (www.ozieplorer.com) предназначена для работы с растровыми картами и GPS-навигаторами (приемниками) компаний Magellan, Garmin, Lowrance, Eagle и других, поддерживающих протокол NMEA-0183. Программа выпускается в двух вариантах: для ПК под управлением Windows 95/98/ME/NT4/2000/XP (требуется около 10 Мбайт дискового пространства) и для карманных компьютеров под управлением Windows CE (OziExplorerCE). Последний вариант обладает теми же функциями по работе с картами, что и OziExplorer для ПК, за исключением возможности планирования маршрутов (например, нахождения кратчайшего пути). При этом предполагается, что такие работы будут выполняться на ПК с последующим переносом полученных результатов (путевые точки и другие данные) на CE-устройство с использованием доступных программно-аппаратных средств.

OziExplorer позволяет:

- отображать местоположение пользователя (GPS-навигатора с поддержкой протокола NMEA-0183);
- производить автоматическую загрузку следующей карты и проверку наличия более детальной карты через каждые 30 с;
- экспортировать путевые точки в файл;
- поддерживать обмен путевыми точками, маршрутами и путями с большинством GPS-навигаторов Lowrance/Eagle, Garmin and Magellan;
- поддерживать более 100 картографических систем и большинство координатных систем;
- учитывать особенности карт с возможностью их многоступенчатого масштабирования, создания комментариев и размещения специальных значков;
- распечатывать карты и списки путевых точек;
- отображать сохраненные и текущий маршруты на экране;
- создавать путевые точки и выводить их на карту;
- отображать скорость и направление движения;
- сигнализировать о превышении установленной скорости и др.

Рабочее окно программы содержит систему меню (рис. 3.1), инструментальную панель с наиболее часто используемыми командами, верхнюю и нижнюю строки состояния, на которых по умолчанию отображаются координаты в системе WGS-84 и UTM системного курсора (в верхней строке) или курсора навигатора (большая стрелка в центре карты) (в нижней строке), элементы карты (путевые точки (Waypoints), события (Events) и др.), время (при включенном навигаторе), тип протокола связи (NMEA) и дополнительные кнопки

управления, о которых речь пойдет ниже. В рабочем поле окна располагается часть карты, полное изображение которой индицируется в панели навигатора Map View. Увеличение области положения системного курсора или курсора навигатора производится окном-лупой Cursor Zoom Window, которое показано в правом верхнем углу карты. Навигатор Map View и лупа могут быть размещены в любом месте окна (перетаскиванием мышью) и включены/выключены кнопками  и  инструментальной панели.

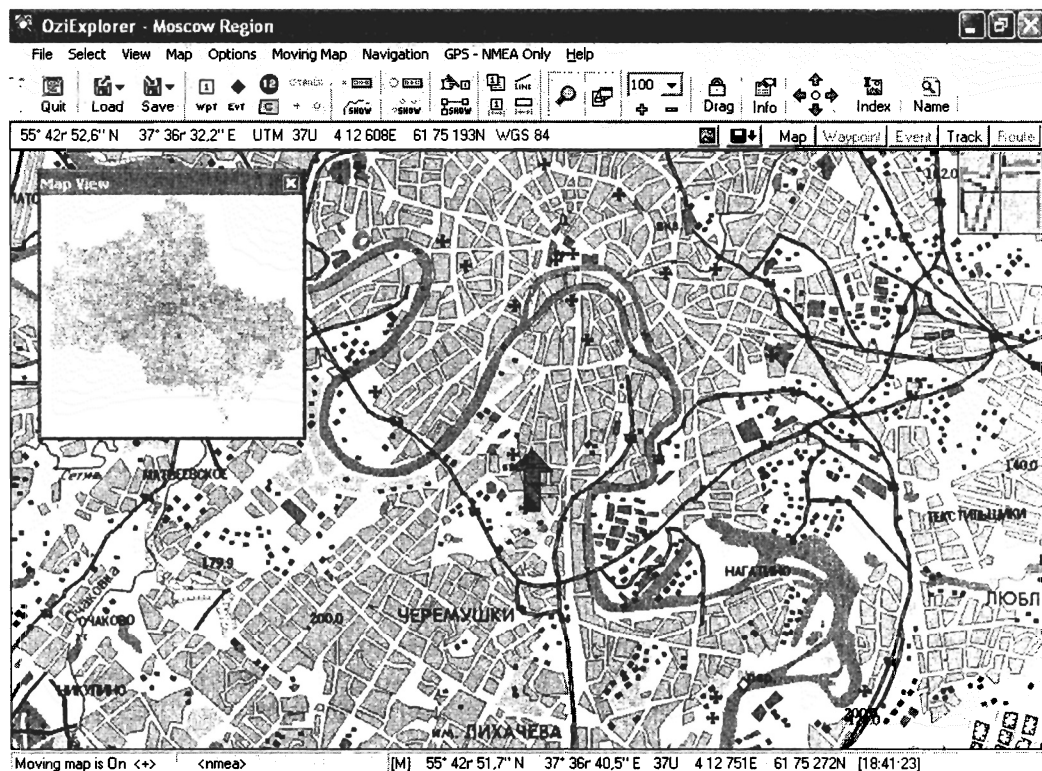


Рис. 3.1. Окно программы OziExplorer

3.1. Навигационные карты и системы координат

Такие карты, в отличие от топографических (см. раздел 1.4 и 1.9), содержат дополнительные элементы, связанные с навигацией. К таким элементам относятся путевые точки (Waypoints), точки (Points), наборы точек (Point Set), события (Events), точки трека (Track Points), заметки (Map Features), комментарии к карте (Map Comments) и значки (Symbol) для их отображения.

Готовые карты в цифровой форме и в растровом формате выпускаются компаниями ИНГИТ, АДЕПТ, ИДДК и др. (см. раздел 2.7). Карту в растровом формате можно создать также самостоятельно путем сканирования ее бумажного

варианта. Сканирование производится обычно с разрешением 150...200 dpi (точек на дюйм) и 256 цветами. Отсканированное изображение сохраняется в BMP-формате (для незарегистрированной версии). Для зарегистрированной версии можно использовать TIF, JPG, PNG и другие форматы.

В OziExplorer информация о карте хранится в двух файлах — в графическом файле изображения карты и map-файле, служащем для загрузки изображения карты и содержащем информацию о калибровке, проекциях карты и ссылку на местоположение ее графического файла. При импортировании карт из других навигационных программ, в которых сведения о калибровке включаются непосредственно в графический файл, эти сведения извлекаются и автоматически переносятся в создаваемый map-файл.

Кроме указанных выше, в зарегистрированной версии OziExplorer могут быть использованы следующие форматы изображений карт:

TIFF — формат поддерживает постраничную загрузку с диска, что экономит оперативную память. Однако для больших изображений объем требуемой оперативной памяти может быть решающим фактором при использовании такого формата.

PNG — формат имеет хорошую компрессию, но изображение должно быть полностью загружено в оперативную память (не поддерживается постраничная загрузка). Используется только с 256-цветными изображениями; другое количество цветов и полутонов не поддерживается.

JPG — обладает превосходной степенью компрессии, но изображение должно быть полностью загружено в оперативную память (не постранично). Не рекомендуется для больших изображений.

ECW — формат с высокой степенью компрессии; поддерживает постраничную загрузку с диска.

SID — формат с высокой компрессией; поддерживает постраничную загрузку.

BSB — запатентованный формат, разработанный специально для картографии. Используется при профессиональном создании карт, обеспечивает хорошую компрессию и поддерживает постраничную загрузку с диска; лицензирован для использования в OziExplorer.

Maptech PCX (.HDR, .A01, .A02 ...) — старый картографический формат; лицензирован для использования в OziExplorer.

Maptech Superdisk Format (.RML) — аналогичный PCX-формату, но с использованием компрессии; также лицензирован для использования в OziExplorer.

OZF — собственный формат OziExplorer; обладает хорошей компрессией (сравнимой с PNG) и может постранично загружать изображение с диска.

OZF2 — усовершенствованный OZF; отличается тем, что содержит отдельные изображения с уровнем уменьшения 25% и ниже. Другие уровни уменьшения ниже 100% (90, 80, 70 ...) создаются при необходимости и обладают неплохим качеством. Недостатком формата является увеличение объема файла, связанное с вложенными в него уменьшенными изображениями.

Для преобразования изображений в OZF2-формат используется утилита **Img2Ozf**, которая устанавливается в корневой каталог OziExplorer и запускается командой **File/Save Map to Image File/Run Img2Ozf program** после загрузки преобразуемого файла. В окне программы (рис. 3.2) настройки сводятся к выбору: формата выходного файла (Ozf2 или Ozf), количества уменьшенных ко-

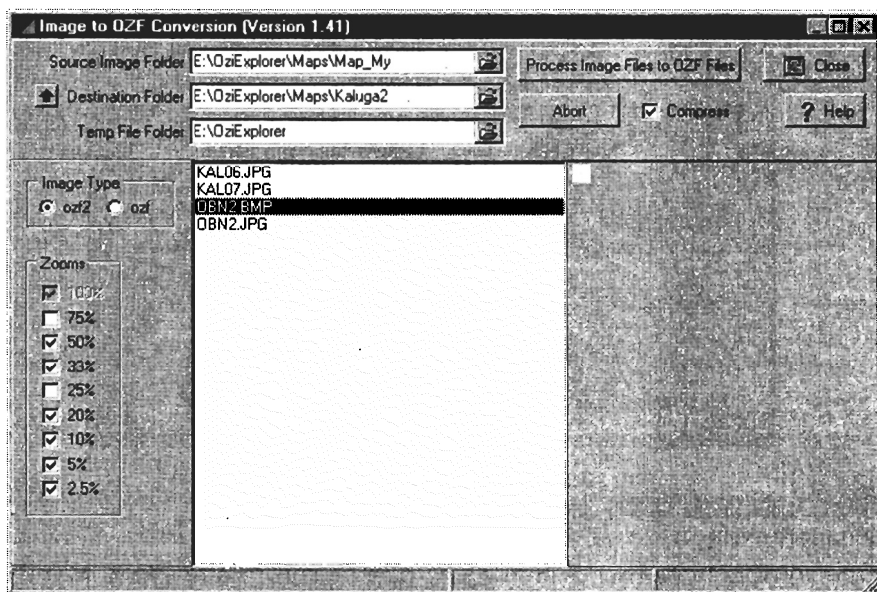



Рис. 3.2. Окно конвертера Img2Ozf

пий в поле Zooms, компрессии (опция Compress). Запуск преобразования производится кнопкой Process Image Files to OZF Files.

Перемещение карты в окне программы (рис. 3.1) осуществляется перемещением рамки в окне навигатора или клавишами управления курсора, что более удобно и точно, особенно в случае больших размеров карты. Управление масштабом карты производится выбором ее фиксированного значения на ин-



струментальной панели (элементы ) или клавишами PgUp (увеличение) и PgDn (уменьшение). Вызов окна с параметрами карты (название карты, имя map-файла и файла изображения, система координат, имена файлов с путевыми точками, маршрутами и событиями, размеры карты в пикселях и др.)



осуществляется кнопкой  инструментальной панели.

При работе с картами используются также следующие команды инструментальной панели:



Index (Index Map) — вызов индексной (обзорной) карты, в которую входит текущая. Если специально подготовленной для такого случая индексной карты нет, то вызывается вариант для системной карты World Map (рис. 3.3), на которой показывается местоположение текущей карты (в данном случае — карта Москвы). Индексная карта имеет следующие настройки (см. рис. 3.3):

Search Path — в этом поле выбирается путь поиска; любые найденные будут показаны на индексной карте.

Lock — опция блокировки пути, откуда загружена текущая карта.

Sub-Folders — опция включения в Search Path всех поддиректорий.

Size — опция подгонки окна под размер карты.

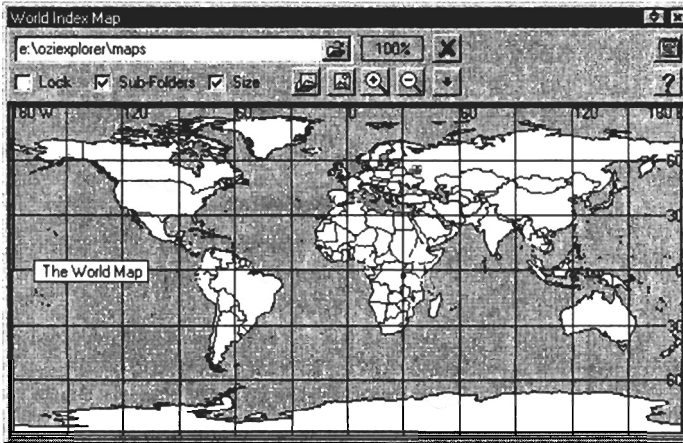



Рис. 3.3. Индексная карта World Map

Назначение кнопок:

 — путь поиска (Set Search Path) будет установлен, как в Map File Path в настройках OziExplorer (см. п. 3.5.10).

 — загрузить новую карту.

 — увеличить или уменьшить изображение карты.

 — показать выпадающее меню, содержащее команды:

Refresh Maps — пересканирование путей поиска (Search Path) и перерисовка на индексной карте границы доступных карт.

Recent Index Maps — подготовка списка часто используемых индексных карт, которые могут быть загружены.

Recent Search Paths — подготовка списка часто используемых путей поиска.


Load New Map — загрузки новой индексной карты.

Highlight — показ границы карт под курсором другим цветом.

Fast Draw — опция прорисовки: границы карт будут изображаться в виде прямых линий; в выключенном состоянии границы карт будут изображаться кривыми линиями, которые учитывают кривизну линий долготы/широты на индексной карте, что занимает сравнительно много времени.

Auto Hide — автоматическое сворачивание индексной карты при загрузке новой карты.

Show Map List at Pointer — показывать список карт, на которые направлен курсор.

2.  (Name Search) — вызов окна поиска по названию объекта в базе данных текущей карты, если такая база существует. В качестве примера на рис. 3.4 показано окно поиска городов для системной карты World Map (рис. 3.3). Назначение параметров окна:

Name to Find — ввод названия объекта, местоположение которого требуется найти.


Feature Code — выбор объекта из списка.


Left — опция поиска текста в поле Name to Find, наиболее близкого к искомому.

On Map — опция поиска объектов, относящихся только к текущей карте.


Dock — опция отображения рассматриваемого окна в правой части окна.


Назначение кнопок:


 **Load** (Load Name Database) — загрузка базы данных, которая должна располагаться в директории Name Search.

 (Clear the Name to Find) — удаление текста из поля Name to Find.


 (Clear the Feature Code) — удаление объекта в All Codes.


 (**Plot Location**) — показать местоположение объекта на текущей карте; если его нет, то его поиск продолжится на другой карте (обычно предлагается World Map). Если объект не попадает на текущую карту, автоматически будет искаться подходящая.

 (**Find Maps**) — поиск других карт, на которых может быть искомым объект; поиск осуществляется в Map File Path, заданной в настройках программы (см. п. 3.5.10) или в директории, откуда загружена текущая карта.

 (**Plot Locations as Points**) — показать местоположение объекта в виде точки (Points).

 (**Create Waypoint**) — поставить путевую точку в выбранном месте.

 (**Advanced Search**) — расширенный поиск, параметры которого (радиус поиска вокруг выбранной точки (Distance) в заданных единицах измерения (Distance Units), прорисовка окружности (Draw), заполнение ее диагональной штриховкой (Hatch) и начало поиска внутри окружности (Search)) задаются в одноименном окне.

3.  (**Find Map**) — команда поиска карт; она имеется также в меню Map, в списке путевых точек (Waypoint List) и в меню, вызываемом правым щелчком мыши на любом объекте (путевым точкам, событиям и т. п.). При выполнении команды сканируются все карты в Map File Path, заданных в настройках (см. п. 3.5.10).

Если на приведенном изображении маленькая кнопка X (в правом нижнем углу) нажата, то карты ищутся только в директории (и поддиректориях), из которой загружена текущая карта; если она не нажата, то сканируются карты во всех директориях, заданных в настройках (кнопка X аналогична команде Map/Find Maps/Lock to Current map Path).

At Present Position — поиск карт, на которые попадают координаты центра экрана; команда выполняется при нажатии желтой точки (между стрелками) на рассматриваемой кнопке.

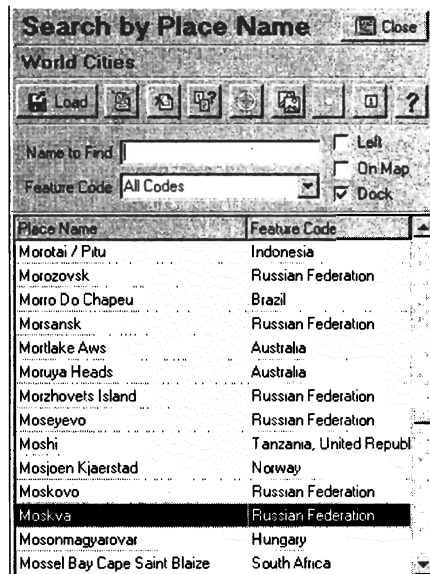


Рис. 3.4. Окно поиска по названию объекта

To the North (На север) — команда выполняется при нажатии верхней стрелки на рассматриваемой кнопке, при этом производится поиск карт для координат, вычисленных следующим образом: долгота вычисляется по центру экрана, а широта — сразу за северной границей карты. Аналогичный метод используются для South, East и West (юг, восток и запад), соответствующих остальным стрелкам на рассматриваемой кнопке.

Результатом выполнения команды является список карт для рассмотренных позиций.

В заключение рассмотрим вопросы использования в картах различных проекций и систем координат (см. также раздел 1.3 и 1.4).

Под проекцией карты понимается способ проецирования сферы земли на плоскость карты. Наиболее распространенными и поддерживаемыми в OziExplorer проекциями являются:


Latitude/Longitude (Широта/Долгота) — проекция, где линии широты и долготы пересекаются под прямым углом.

Mercator — проекция, используемая чаще всего в морских картах; в ней линии румбов (раздел 1.5) должны быть параллельными, а линии широты и долготы должны пересекаться под прямым углом.

Transverse Mercator — проекция, известная также как конформная или равноугольная Гаусса (раздел 1.4); в основном используется для топографических карт; характеризуется тем, что центральный меридиан (линия долготы) и экватор прямые, а остальные линии долготы и широты кривые. С удалением от центрального меридиана кривизна линий увеличивается, поэтому эту проекцию лучше использовать на небольших фрагментах. Большинство используемых карт покрывают достаточно малые области, и погрешностью от указанной нелинейности можно пренебречь.

Lambert Conformal Conic — стереографическая проекция; используется для карт с большим масштабом в авиации и метеорологии.

Sinusoidal — проекция с прямыми линиями широты (Latitude) и одинаковыми расстояниями; центральный меридиан прямой, остальные линии долготы кривые; используется для больших карт.

OziExplorer позволяет работать с самыми разнообразными системами координат, список (Datum List) которых вызывается кнопкой  в верхней строке состояния. В качестве примера приведем краткие характеристики некоторых систем (см. также раздел 1.2).


UTM (Universal Transverse Mercator) — система координат, основанная на специальных настройках проекции Transverse Mercator: широта (Latitude) устанавливается на 0 градусов; земной шар с шагом в 6 градусов делится на шестьдесят UTM-зон с центральным меридианом в центре каждой; фактор масштабирования (Scale factor) устанавливается равным 0,9996 (для России принимается равным 1); восточное виртуальное направление (False Easting) устанавливается равным 500 000; северное виртуальное направление (False Northing) устанавливается равным 0 и 10 000 000 — для южного; центральный меридиан для каждой зоны вычисляется на основе одной из калибровочных точек. Разновидностью UTM-системы является MGRS (Military Grid Reference System), которая используется преимущественно в военных GPS-приемниках и в которой применяется разбиение UTM-зоны на более мелкие сегменты.


BNG (British National Grid) — английская система координат, базирующаяся на проекции Transverse Mercator.

WGS-84 (World Geodetic System) — международная система координат, в котором в качестве модели Земли принят эллипсоид с параметрами: большая полуось $a = 6\,378\,137,0$ м, полярное сжатие $\alpha = (a - b)/a = 1/298,2566$.

Pulkovo 1942 — российская система координат, в котором в качестве модели Земли принят эллипсоид Красовского с параметрами: $a = 6\,378\,245$ м, малая полуось $b = 6\,356\,863$ м, полярное сжатие $\alpha = (a - b)/a = 1/298,3$.


Для выбора системы координат в окне Select Display Datum используются кнопки:


 (Datum of Loaded Map) — выбор системы координат как на загружаемой карте.

 — принять выбранную в списке систему координат; при этом предыдущая система координат будет автоматически преобразована в выбранную, однако при условии, что правильно указана система координат исходных данных.

3.2. Путевые точки (Waypoints) и маршруты (Routes)

Путевые точки являются основным элементом маршрутов и могут одновременно использоваться для указания мест рыбалки или охоты, ориентиров, лодочных причалов и других интересующих объектов. В GPS-приемниках, совместимых с Garmin, они могут быть загружены или выгружены из него.

Для создания путевых точек на инструментальной панели нажимается кнопка  (Position & Set Waypoints). При этом курсор, принимающий форму перекрестия с надписью Waypoint, подводится в нужное место карты и нажимается левая кнопка мыши. Формируемая при этом путевая точка отмечается квадратиком с номером 1 внутри и кнопкой-индикатором «+» снизу. Другие точки по умолчанию будут иметь номера 2, 3 и т. д. Если держать нажатой клавишу Alt, то одновременно с путевой точкой можно добавлять и событие (Event) (см. раздел 3.4). Для добавления путевой точки можно использовать клавишу Enter при нажатой Shift.

Для описания свойств созданной точки вторичным нажатием кнопки  режим их расстановки выключается и правой кнопкой мыши по значку «+» вызывается всплывающее меню, в котором выбирается команда Properties (Свойства) с параметрами (рис. 3.5):

Name — имя (название) путевой точки.

Size — размер шрифта, используемого в подписях к путевой точке на карте.

Bold — жирный шрифт.

Description — описание путевой точки (длиной до 40 символов).

Symbol Size — размер нарисованного на карте символа путевой точки (по умолчанию 17 пикселей, что в большинстве случаев вполне достаточно).

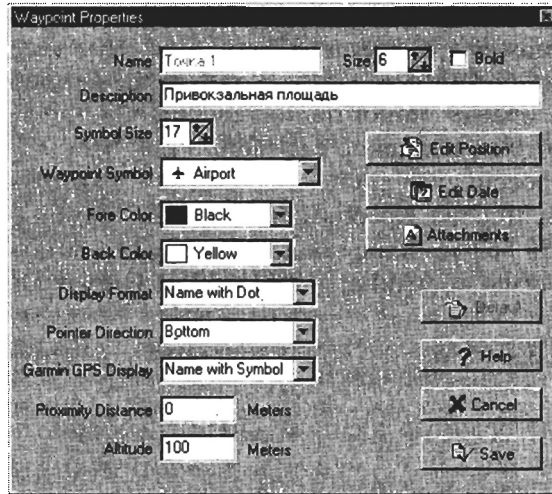


Рис. 3.5. Свойства путевой точки

Waypoint Symbol — выбор символа из предлагаемого списка, допустимого для GPS-приемника, указанного в настройках программы (см. п. 3.5.10).

Fore Color — цвет символов.

Back Color — цвет фона.

Display Format — выбор формата отображения символа на карте (не влияет на формат отображения в GPS-приемнике).

Pointer Direction — расположение точки или символа относительно имени путевой точки (left — слева, right — справа, top — сверху, bottom — снизу).

Garmin GPS Display — формат отображения путевой точки на экране только Garmin GPS-приемников, однако не все модели Garmin поддерживают эту функцию.

Proximity Distance — размер зоны приближения, используемой в режиме навигации в реальном времени: при входе в эту зону прозвучит звуковое предупреждение.

Altitude — высота путевой точки над уровнем моря (единица измерения задается в настройках программы); при поддержке со стороны GPS-приемника ее можно загружать и выгружать из него.

Edit Position, Edit Date — кнопки вызова диалоговых окон для редактирования координат путевой точки и даты (см. рис. 3.14).

Attachments — кнопка вызова диалогового окна **Waypoint Attachments** для присоединения к путевой точке файлов, которые вместе с другими параметрами указываются в следующих строках и опциях окна:

File Attachment — присоединение к путевой точке любого файла; к нему можно добавить дополнительные параметры, отделив их от имени файла символом «/»;

Proximity/Route Attachment — присоединение к путевой точке файла (обычно звукового wav-файла), который запускается при входе в зону приближения;

Proximity/Route Symbol — присоединение к путевой точке любого BMP-файла с изображениями, которые будут показаны при входе в зону приближения; для этой цели можно использовать символы из поддиректории Oziexplorer\PSymbols OziExplorer;


Symbol Position — расположение символа относительно путевой точки (Top Left — сверху слева, Top — сверху, Top Right — сверху справа, Bottom Right — снизу справа, Bottom — снизу, Bottom Left — снизу слева);

Time — время проигрывания звукового файла и показа символа в зоне приближения;

Proximity/Route — использование присоединенных в Proximity/Route файлов для зоны приближения к путевой точке, маршрутной точке или для обоих типов (зона приближения к путевой точке задается в окне ее свойств (рис. 3.5), а для всех маршрутных точек — на закладке Navigation (п. 3.5.10)).

Default — сохранение текущих настроек в качестве стандартных для вновь создаваемых путевых точек, за исключением имени (Name), описания (Description), зоны приближения (Proximity Distance) и высоты (Altitude).

Заметим, что вызов меню с командой Properties для уже существующей путевой точки (без значка «+») производится двойным щелчком левой кнопки мыши по ее значку или одинарным правым.

Для изменения положения путевой точки, как и других объектов карты (Map Object), используется кнопка  инструментальной панели. При этом курсор приобретает форму руки при установке его на Map Object. Объекты карты можно перетаскивать также курсором мыши при нажатых левой кнопке и клавише Shift.

Для создания зоны приближения к данной путевой точке, кроме дистанции Proximity Distance на рис. 3.5, в окне, вызываемом командой Moving Map/Range Rings Setup задаются следующие дополнительные параметры:

Rings On — включение/выключение изображения зоны приближения под курсором навигатора. Зона приближения показывается в виде окружностей с голубой наклонной штриховкой.

Ring Radius — радиус первой окружности.


Radius Units — единица измерения радиуса первой окружности.

Number of Rings — количество нарисованных окружностей. Например, если задано 3, то на карте будут нарисованы три окружности с радиусами 1, 2 и 3 км соответственно при радиусе первой 1 км.

Ring Color — цвет окружностей.

Line Width — толщина линии окружностей (в пикселах).

Напомним, что зона приближения индицируется только в режиме навигации в реальном времени.

Для создания маршрута установим несколько путевых точек (1—6 на рис. 3.6), обозначенных, кроме нумерации, характерными для данной местности символами (колокольня для точки 1, бар для точки 2, банк для точки 3 и т. п.), после чего кнопкой  инструментальной панели вызываем окно редактора маршрутов (рис. 3.6), в котором верхний список — это номера маршрутов, доступных в GPS-приемнике и заданных в настройках программы (см. п. 3.5.10). В нижнем списке приводится перечень путевых точек для выбранного в верхнем списке маршрута. Другие параметры окна:

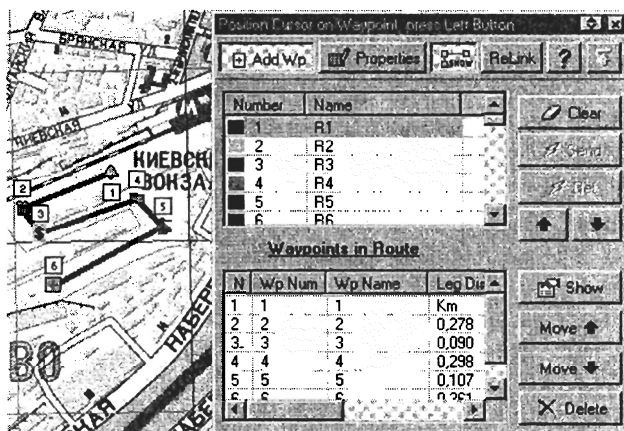



Рис. 3.6. Создание маршрута

Add Wp — кнопка включения путевой точки в состав маршрута; при ее нажатии курсор приобретает форму стрелки с подписью ROUTE. Щелкая этим курсором по путевым точкам, переносим их в состав маршрута (в поле Waypoints in Route) в порядке их выбора. При этом одновременно происходит соединение путевых точек линией маршрута (рис. 3.6).

 — кнопка включения/выключения изображения путевых точек.

ReLink — кнопка обновления атрибутов путевых точек, если они были изменены после создания маршрута; чаще всего используется совместно с Garmin GPS-приемниками.

Reduce/Expand Arrow — кнопка (крайняя справа) изменения размера (свернуть/развернуть) окна Route Editor без выхода из него.

Number — номер маршрута.

Clear — кнопка удаления путевых точек из выбранного маршрута.

Send — кнопка загрузки выбранного маршрута в GPS-приемник (если он обладает такой функцией).

Get — кнопка загрузки выбранного маршрута из GPS-приемника.



— кнопки перемещения путевой точки в списке вверх или вниз.

Show — кнопка вызова полного (расширенного) списка точек маршрута с указанием расстояния между путевыми точками (Leg Distance), расстояния относительно начальной путевой точки (Acc. Distance), истинного (True) и магнитного (Magnetic) азимутов.

Move (Up), Move (Down) — кнопки перемещения выделенной путевой точки вверх или вниз по списку.

Delete — кнопка удаления выделенной путевой точки из маршрута.

Properties — вызов окна свойств маршрута с параметрами (рис. 3.7):

Name — имя маршрута, состоящее максимум из 16 символов; оно будет загружено в GPS-приемник, если он это поддерживает.

Desc — описание маршрута (до 40 символов).

Color — цвет отображения линии маршрута.

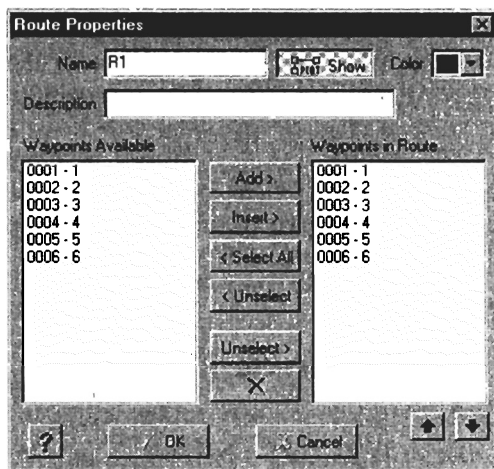


Рис. 3.7. Свойства маршрута

Waypoints Available — список путевых точек, которые были загружены в OziExplorer.

Waypoints in Route — список путевых точек в маршруте.

Назначение кнопок:

Show — показать маршрут на карте.

Add — добавить выбранные в левом списке путевые точки к концу маршрута.

Insert > — вставить выбранные в левом списке путевые точки в маршрут перед выделенной в правом списке путевой точкой.

< Select All — выделить все путевые точки в левом списке.

< Unselect — снять выделение со всех выделенных в левом списке путевых точек.

Unselect > — снять выделение со всех выделенных в правом списке путевых точек.

Delete — удалить все путевые точки из маршрута.


Следует заметить, что Lowrance/Eagle, Garmin, Magellan и MLR GPS-приемники поддерживают различные методы загрузки/выгрузки маршрутов. В Lowrance/Eagles используется только номер путевой точки (они должны быть загружены в GPS-приемник). Когда загружается или выгружается маршрут, то передаются только номера путевых точек. В Magellan и MLR GPS-приемники передается только имя путевых точек (они должны быть в приемнике). Garmin передает всю информацию (имя, координаты и т. п.) для каждой путевой точки. Поскольку имена некоторых путевых точек могут уже быть представлены на карте, то во избежание путаницы предпочтение следует отдавать путевым точкам, уже имеющимся на карте, и, следовательно, они получают атрибуты (имя, координаты и т. п.) путевых точек с таким же именем, но уже расположенных на карте.


При загрузке маршрутов в Lowrance или Eagle GPS-приемники путевые точки уже должны быть в приемнике до загрузки маршрута. При этом GPS-приемник поставит отсутствующие путевые точки в маршруте, но не бу-

дет их учитывать при навигации. При загрузке маршрутов в Garmin GPS-приемник путевые точки маршрута создаются автоматически, если их там не было, или перезапишутся существующими в приемнике путевыми точками, имеющими такие же имена.

Заметим также, что созданные путевые точки и маршруты могут быть сохранены в файле и загружены из файла. Для этого используются соответствующие команды, вызываемые кнопками Load и Save инструментальной панели (см. также раздел 3.5).

3.3. Треки (Tracks)

Треки могут быть скачаны из GPS-приемника или созданы вручную и затем загружены в GPS-приемник. Для ручного создания трека нажимается кнопка  (Manually Create Track Point) инструментальной панели, после чего курсор с подписью Track подводится к выбранному месту на карте и нажимается левая кнопка мыши, в результате чего создается точка трека, которая автоматически соединяется с предыдущей, образуя таким образом некую ломаную кривую трека (рис. 3.8, а). Количество создаваемых точек трека определяется их допустимым количеством для данного GPS-приемника. Если трек содержит 1000...2000 точек, то вывод его изображения на экран может замедлять работу всей системы. В таких случаях для ускорения работы в настройках программы (см. п. 3.5.10) толщину трека (Track Width) целесообразно установить равной 1 пиксел.

Для работы с треками нажатием кнопки  (Show/Hide Track Control) на инструментальной панели вызывается окно управления треками Track Control (рис. 3.8, б), в котором выполняются следующие настройки:


Num — столбец с номерами треков (1...75); цветной квадратик слева от номера показывает цвет, которым отображается этот трек на карте.


Description — описание для каждого трека, которое может быть отредактировано впоследствии.

Points — количество точек в треке; зависит от модели используемого GPS-приемника.


Distance — длина трека в единицах, установленных в настройках программы (см. п. 3.5.10).

Назначение кнопок:

 (Show/Hide the track display on the map) — показать или скрыть трек на карте.

 (Do not show track points) — отображение без показа точек трека при нажатой кнопке (касается только трека номер 1).

 (Show Fixed track points) — показать точки трека в виде крестиков.

 (Make Track Points in Box Active) — при нажатой кнопке можно выделить часть точек и сделать их активными (доступными для редактирования), обведя их прямоугольником с помощью мыши при нажатой левой кнопке.

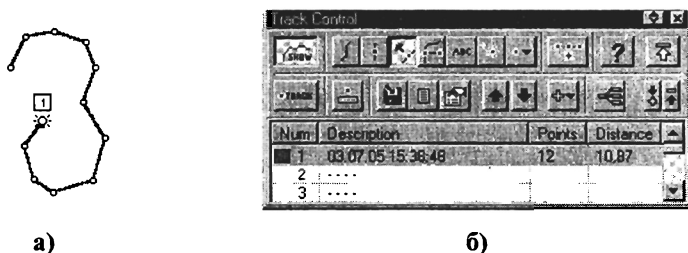





Рис. 3.8. Трек (а) и окно управления треками (б)

 (Make All Track Points in Track Section Active) — при нажатой кнопке выделяются все точки трека, если в зону выделения (прямоугольником) попало более одной точки.


 (Open properties dialog when creating new track points) — автоматический вызов окна редактирования свойств созданной точки.


 (All New Track Points are Created Active) — при нажатой кнопке все вновь создаваемые точки будут активными. Активные точки трека могут быть перемещены на новое место при нажатых клавише Shift и левой кнопке мыши.


 — вызов меню для манипулирования активными точками:

Save Active Track Points to a File — сохранить в файл все активные точки.

Delete Active Track Points — удалить все активные точки.

 (Insert a new track point) — включение режима вставки новых точек. Для этого курсор устанавливается между двумя точками активного трека и при нажатой клавише Alt производится щелчок левой кнопкой мыши. Новая точка будет вставлена правее текущей выделенной точки и может быть перемещена мышью на требуемую позицию. Активные точки трека могут быть перемещены на новое место при нажатых клавише Shift и левой кнопке мыши.


 (Manually Create Track Points) — ручное создание точки трека; дублирующая кнопка инструментальной панели с аналогичными функциями (см. выше).


 (Show Track Point Hints) — включение режима подсветки активной точки, при котором выводится ее описание при установке на ней курсора мыши.

 (Save the Selected Track) — сохранить выделенный трек в файл.


 (Show Track List) — вызов списка точек трека.

 (Selected Track Properties) — вызов окна свойств трека (рис. 3.9).

 (Move track Up) — переместить выделенный трек вверх по списку.

 (Move Track Down) — переместить выделенный трек вниз по списку; эта операция может потребоваться, если, например, второй трек нужно загрузить в приемник, а это возможно только в случае, если он будет под номером 1.

 — вызов меню с дополнительными командами (см. ниже).

 (Split Track 1 into Separate Tracks for Each Track Section) — преобразование сегментов трека (до 74 штук) в отдельные треки (сегментированные

треки характеризуются отсутствием соединительной линии между точками сегмента).



— кнопки уменьшения и увеличения высоты столбца таблицы окна.

При щелчке правой кнопкой мыши по активной точке (курсор в виде руки) вызывается меню с командами:

Properties — вызов окна свойств точки трека (выбор высоты (Altitude), редактирование позиции и даты).

Delete — удалить точку.


Delete & Split track — удалить связанную с точкой линию (след).

New Track Section — окончание сегмента трека в этой точке. Garmin GPS-приемники позволяют прерывать и начинать треки в любом месте (на самом деле это будет один трек без линии одного сегмента). В случае Lowrance или Eagle приемников прерывание трека на сегменты несущественно, так как после загрузки все точки будут соединены в один трек.

Creat a Waypoint at Tr — создание путевой точки в точке трека; вызывается окно на рис. 3.5 и выбираются параметры путевой точки (точка 1 на рис. 3.8, а).

Snap to Closest Track Point — создание линии (следа) к ближайшей точке.

Snap to Closest Track Line — создание линии (следа) к ближайшей линии.

Окно свойств трека (рис. 3.9), вызываемое кнопкой  в окне на рис. 3.8, содержит следующие настройки:

Track Desc — описание трека (длина до 35 символов).

Line Color — цвет линии трека.

Width — толщина линии трека в пикселях.

Type — тип линии между точками трека:

Line — отрезки прямых;

Polygon — в виде полигона (замкнутого трека);

Alarm Zone — в виде полигона опасной зоны со звуковым предупреждением.

Fill Color — цвет заливки полигонов.

Fill Type — тип заливки полигонов (сплошная, штриховка и т. п.).

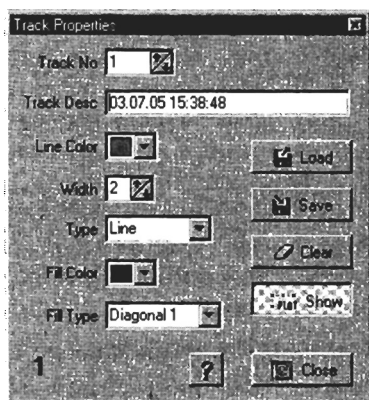


Рис. 3.9. Окно свойств трека

Назначение кнопок:

Load — загрузить трек из файла в дополнение к текущему;

Save — сохранить трек в файл;

Clear — удалить трек из оперативной памяти;

Show — показать выбранный трек на экране.

При создании треков можно использовать в сочетании с щелчком мыши следующие клавиши клавиатуры:


Alt — прокладка нового отрезка с данной точки;

Shift — создание новой точки, ближайшей к последней точке трека;

(Shift + Ctrl) — установка точки на ближайшую линию текущего трека;

(Shift + Alt) — прокладка нового отрезка трека с созданием точки, ближайшей к последней точке трека;

(Shift + Ctrl + Alt) — прокладка нового отрезка трека с созданием точки, ближайшей к линии текущего трека.

Перейдем к рассмотрению команд меню, вызываемого кнопкой  из окна на рис. 3.8.


Move Selected Track to track 1 — перемещение выбранного трека на место первого по списку (для случая, если выбранный трек требуется загрузить в приемник).


Track Replay — вызов окна для управления возвращением по треку (рис. 3.10); оно содержит следующие настройки:

Track — выбор номера трека для возврата.

Color — цвет трека.

-10, -, +, +10 — кнопки установки скорости возврата.

 — выбор стартовой позиции и остановка возврата.

 — очистка пройденной части трека до текущей позиции.


 — начать движение по треку со стартовой позиции.



Рис. 3.10. Окно управления возвратом по треку

Скорость (Speed) движения, направление (Heading), высота (Altitude) и пройденное расстояние (Distance) отображаются в единицах измерения, заданных в настройках программы. Значение в поле Distance можно обнулить двойным кликом мыши, позволяет измерить расстояние между двумя точками.

Track Profile — построение графика зависимости высоты или скорости движения от расстояния или времени.

Для отображения высоты она должна быть сохранена для каждой точки трека. Это возможно в режиме навигации в реальном времени (Moving Map) или загрузкой треков из приемников Garmin eTrex, eTrex Summit, eMap и др. Что касается времени, то оно фиксируется только в режиме Moving Map. Располагая построенным графиком, можно в его каждой точке определить расстояние, высоту или скорость, кликнув по ней курсором мыши. Параметры окна с графиком (рис. 3.11):

X Axis — значения (по горизонтальной оси) расстояния или времени.

Profile Type — значения (по вертикальной оси) высоты или скорости.

Track — выбор номера трека для просмотра.

Section — номер фрагмента трека; начинается с номера 1.

Dots — использовать символы в виде квадратиков для обозначения каждой точки трека.

Lines — соединить точки треков линиями.

Distance, Time, Altitude, Speed — выбор единиц измерения расстояния, времени, высоты и скорости.

Zoom — ползунковые регулировки увеличения по горизонтали и вертикали.

Pan — ползунковые регуляторы смещения графика по горизонтали и вертикали.

Color — цвет графика.

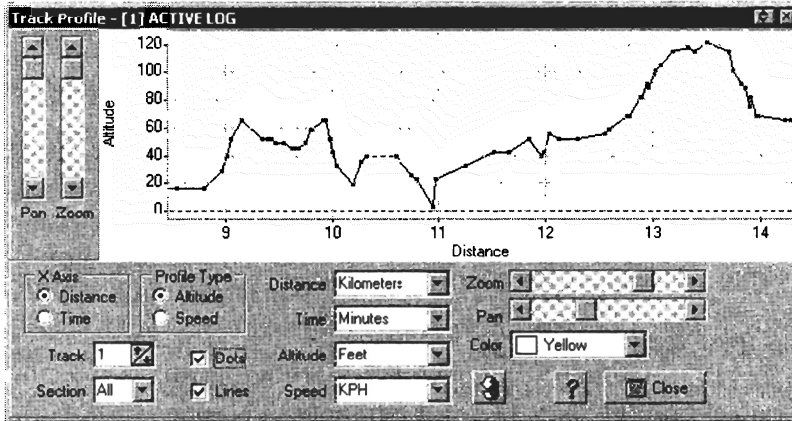


Рис. 3.11. Профиль трека

Refresh Button — повторная загрузка трека.

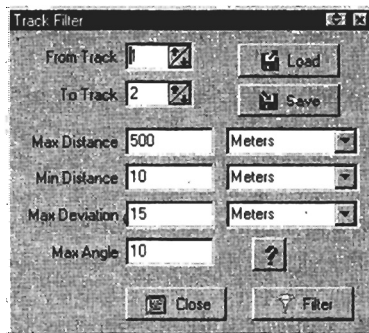
Track Filter Control — фильтр с изменяемыми параметрами для уменьшения количества точек в треке без существенного ухудшения оригинального следа. Параметры окна (рис. 3.12, а):

From Track — выбор номера трека для фильтрации.

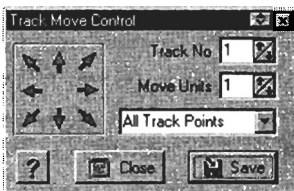
To Track — номер трека, куда будет записан отфильтрованный трек.

Load — загрузить предварительно сохраненные настройки фильтра.

Save — сохранить текущие настройки фильтра в файл.



а)



б)

Рис. 3.12. Окна фильтрации (а) и модификации трека (б)

Max Distance — максимально допустимое расстояние между точками; если до следующей точки трека оно больше указанного значения, то такая точка оставляется в треке.

Min Distance — минимальное расстояние между точками трека; если до следующей точки трека оно меньше указанного значения, то такая точка отбрасывается.

Max Deviation — максимальное отклонение точки трека от направления; если следующая точка трека имеет отклонение больше указанного значения, то эта точка оставляется.

Max Angle — максимальное значение угла между точками трека; если следующая точка расположена под углом большим, чем указанное, то эта точка оставляется.

Track Move Control — управление перемещением трека; в окне команды (рис. 3.12, б):

Track No — выбор номера перемещаемого трека.

Move Units — количество пикселей в одном шаге перемещения.

Combo Box — перемещать все входящие в трек точки (All Track Points) или только активные (Active Points Only).

Arrows (стрелки) — перемещение точек трека в указанных направлениях.

Save — сохранить модифицированный трек в файл.

Track Reverse — реверсирование расположения точек в треке.

Add Date/Time to Track Points — добавить время и дату в каждую точку трека, включая время и дату старта, а также временной интервал между точками. Команда корректно работает только в том случае, если точки были расставлены через равные промежутки времени, однако это не является гарантией вычисления скорости и дистанции с высокой точностью.


Рассмотрим особенности загрузки/выгрузки треков. Во-первых, первый трек может быть только активным, поскольку выгружаемый из GPS-приемника трек всегда загружается под номером 1. И, наоборот, загружаемый в GPS-приемник трек тоже должен иметь номер 1. При дозагрузке трека из файла он добавляется к концу имеющегося в приемнике трека. Во-вторых, возможность и особенности загрузки/выгрузки треков определяются типом GPS-приемника. Так, некоторые приемники Lowrance и Eagle поддерживают несколько треков, поэтому необходимо указывать, какой из них подлежит загрузке. При загрузке нового трека в Garmin-приемник он добавляется к уже существующему; если нужно удалить старый трек, то эта операция выполняется вручную через меню приемника. Правда, последние модели Garmin позволяют загружать треки или с разными именами, или как активный. В приемниках Magellan треки могут быть загружены только в последние модели (315, 320). В приемниках MLR загрузка треков не предусмотрена.


В общем случае трек номер 1 может быть загружен командой Load или в окне Track Control. Все другие треки могут быть загружены только из окна Track Control (рис. 3.8) или Track Property (рис. 3.9) с сохранением установленных параметров. Исключение составляют приемники Eagle и Lowrance, в которых координаты каждой точки трека в градусах преобразуются в X,Y-координаты в метрах от предыдущей точки трека. Максимальное приращение этих координат (X или Y) составляет 32,5 км, а это значит, что дистанция между двумя точками трека не может превышать эту величину.

3.4. События (Events), точки (Points), наборы точек (Point Set), заметки (Features), комментарии (Comments)

Рассматриваемые в этом разделе объекты могут использоваться в различном качестве в зависимости от типа GPS-приемника.

Events — объекты типа события; в общем случае используются для указания мест отдыха, кемпинга, кафе, станций техобслуживания и т. п. События характеризуются только координатами и символом и поэтому занимают мало места в памяти. Они используются в Lowrance и Eagle GPS-приемниках под названием Icons, Events или Event markers; их количество задается в настройках OziExplorer для данной модели приемника. Для Garmin и Magellan приемников, которые не поддерживают события, их максимальное количество можно установить равным 1000 лишь с целью просмотра их на карте (без возможности загрузки в GPS-приемник).

Для создания событий на инструментальной панели нажимается кнопка  (Position & Set Events). При этом курсор, принимающий форму перекрестия с надписью Event, подводится в нужное место карты и нажимается левая кнопка мыши. Формируемый при этом значок события по умолчанию имеет форму кружки (значок бара). Если держать нажатой клавишу Alt, то одновременно с событием можно добавлять и путевую точку.

Для описания свойств события вторичным нажатием кнопки  режим расстановки выключается и правой кнопкой мыши по значку события вызывается всплывающее меню, в котором выбирается команда Properties (Свойства) с параметрами (см. рис. 3.13):

Fore Color — цвет символов (для приемников Garmin цвет изменить нельзя).
Back Color — цвет фона.

Event Symbol — выбор символа из предлагаемого списка (он может быть ограничен для некоторых моделей GPS-приемников — см. раздел 2.5). Примеры символов событий показаны в левой части рис. 3.13.

Symbol Size — размер символа, который будет нарисован на карте (по умолчанию 17 пикселей).

Default — кнопка сохранения введенных установок в качестве стандартных по умолчанию.

Перемещение символов событий осуществляется при нажатых клавише Shift и левой кнопке мыши.

При нажатии кнопки Edit Position вызывается окно редактирования координат объекта Event (рис. 3.14), в котором выбираются:

Datum — выбор системы координат; автоматически выбирается такой же, как в загруженной карте.

Position — формат представления координат: в единицах Lat/Long (по умолчанию) или UTM.

Lat, Long — выбор значений широты и долготы: градусы-минуты-секунды-доли секунды.

N/S — северная/южная (широта).

E/W — восточная/западная (долгота).

UTM — координаты в системе UTM.

Заметим, что окно Edit Position одинаково для всех объектов карты.

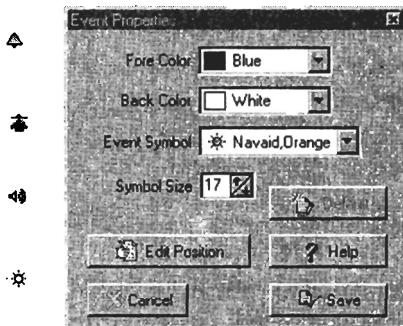


Рис. 3.13. Окно свойств события

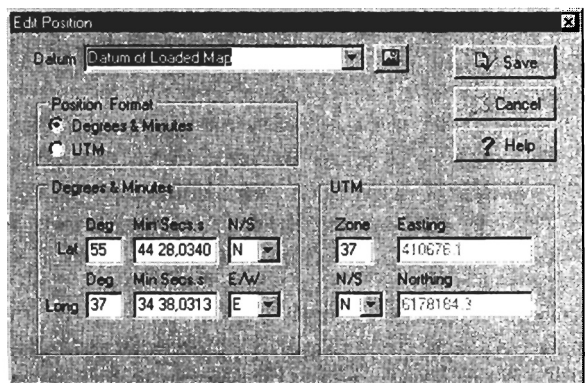




Рис. 3.14. Окно редактирования координат события

Points, Point Set — точки и наборы точек; определяют позиции на карте с координатами и именем; они занимают мало места в памяти и на карте их может быть показано несколько тысяч. Точки не могут быть загружены в GPS-приемник или включены в маршрут. В общем случае они могут быть использованы для добавления названий и/или обозначения объектов на карте. Частные случаи применения: редактирование имени (Name) в OziMC и «интересных» точек (POI) в Magellan Datasend POI, импортирование ESRI Shape файлов точечного типа.

Наборы точек (Point Set) представляют собой группу связанных точек; каждый набор точек может содержать от одной до бесконечного количества точек; количество возможных наборов — 75.

Для создания точек на инструментальной панели нажимается кнопка  (Manually create a Point). При этом курсор, принимающий форму перекрестия с надписью Point, подводится в нужное место карты и нажимается левая кнопка мыши.


Для работы с точками нажатием кнопки  (Show/Hide Point Control) на инструментальной панели вызывается окно управления точками Point Control (рис. 3.15, б), в котором выполняются следующие настройки:

Num — номер набора точек (два в списке и на рис. 3.15, а).


Description — описание набора точек.


Points — количество точек в наборе.


Кнопки:

 (Show/Hide Points on Map) — показать/скрыть все наборы точек на карте.

 (All Points are Made Inactive) — сделать все точки неактивными.

 (Draw Box to make Points Active) — выделение одной или нескольких точек из первого набора по правилу прямоугольника.


 (Open Properties when Creating New Points) — автоматически открывать окно свойств для каждой вновь создаваемой точки.

 (All New Points are Created Active) — все вновь создаваемые точки выполняются активными.

 — вызов меню с командами:

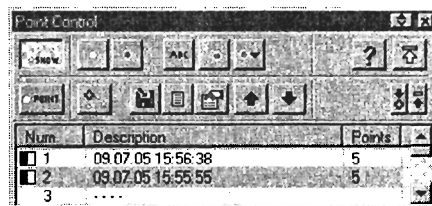
Save Active Points to a File — сохранить активные точки в файл.

Delete All Points which are Active — удалить активные точки.

 (Manually Create a Point) — включение/выключение режима ручного создания точек; дублирует аналогичную кнопку на инструментальной панели.


- ▼ ●
- ▼ ●
- ▼ ●
- ▼ ●
- ▼ ●

а)





б)

Рис. 3.15. Окно управления точками


 (Append Point Sets Together) — добавить точки из набора точек в другой набор.

 (Save the Selected Point Set) — сохранить выделенные точки в файл.

 (Show Point List) — вызов окна со списком точек.

 (Selected Point Set Properties) — вызов окна свойств набора точек (рис. 3.16, б).

 (Move Point Set Up) — переместить набор точек вверх по списку.

 (Move Point Set Down) — переместить набор точек вниз по списку, например с целью очистки первого номера для загрузки в него нового набора точек.

 — увеличить или уменьшить размер окна по вертикали.

Окно свойств точек (рис. 3.16, а), вызываемое командой Properties из меню, вызываемом, в свою очередь, правым щелчком мыши по активной точке, содержит следующие настройки:


Name — имя точки (не более 35 символов).

Rotation — вращение текста (имени) на экране на угол $-90...90^\circ$; используется только при выборе формата отображения точки Name Only (обычно в случае имен (Names) в the OziMC).

Desc 1, Desc 2 — первая и вторая линии описания точки (до 20 символов).

Desc 3 — третья линия описания точки (до 12 символов); линии описания обычно востребованы для Magellan Datasend POI.

Edit Position — кнопка вызова окна для редактирования координат точки (рис. 3.14).

Окно свойств набора точек (рис. 3.16, б), вызываемое кнопкой  из окна на рис. 3.15, содержит следующие настройки:

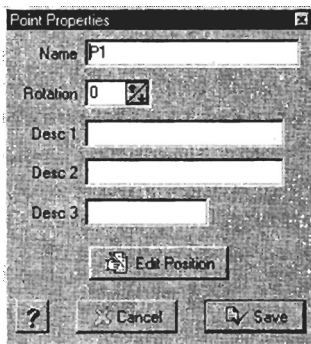
Points Desc — описание набора точек (до 25 символов).

Fore Color — цвет символа точки и текста.

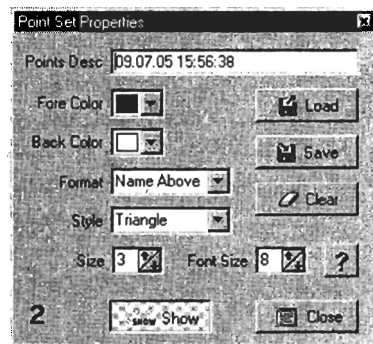
Back Color — цвет фона для символа точки и текста.

Format — формат отображения точек: имя, символ или оба параметра.

Style — выбор формы символа для отображения точек: круг, прямоугольник, эллипс, треугольник и др.



а)



б)

Рис. 3.16. Окна свойств точек (а) и набора точек (б)

Size — размер символа в пикселях.

Font Size — размер шрифта текста.


Кнопки:

Load — загрузить набор точек из файла.

Save — сохранить набор точек в файл.

Clear — удалить набор точек из оперативной памяти.

Show — показать/скрыть набор точек.

Features — заметки; наносятся на карту аналогично другим объектам после нажатия кнопки  (Position & Set Map Feature) на инструментальной панели. Окно свойств заметки (рис. 3.17), вызываемое командой Properties из контекстного меню, содержит следующие настройки:

Feature Name — наименование заметки; выводится при указании курсором на символ заметки.

Comment — комментарии к заметке.

Picture File — выбор присоединяемого к заметке файла с изображением в формате BMP или JPG, соответствующем содержанию заметки.

Symbol — кнопка выбора символа для заметки, который будет отображаться на карте.

X — кнопка удаления символа (Delete Symbol); после удаления заметка будет отображаться синим кружком (по умолчанию).

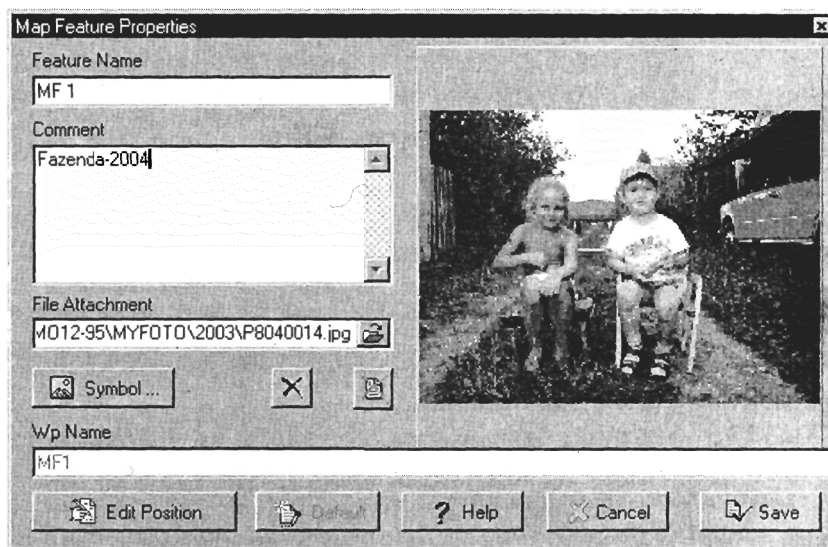



Рис. 3.17. Окно свойств заметки

Create Waypoint — опция сочетания свойств заметки с путевой точкой.

Wp Name — имя путевой точки, которое будет загружаться в GPS-приемник.

Edit Position — вызов окна редактирования координат заметки (рис. 3.14).

Comments — комментарии; имеют чисто информационное назначение; наносятся на карту после нажатия кнопки  (Position & Set Map Comment) на инструментальной панели. Окно свойств комментария (рис. 3.18), вызывае-

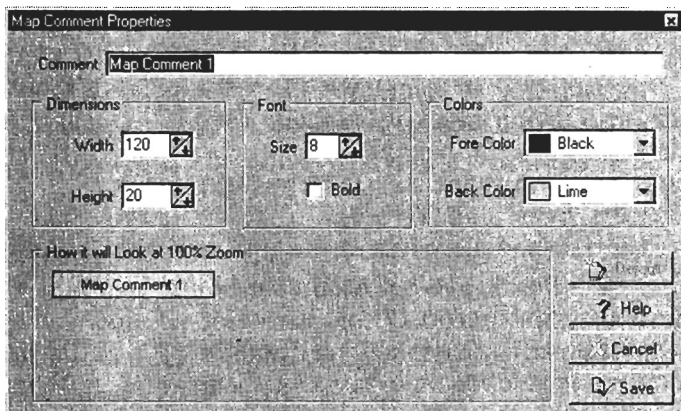


Рис. 3.18. Окно свойств комментария

мое командой Properties из контекстного меню, содержит следующие настройки:

Comment — содержание комментария.

Dimensions — размеры прямоугольной рамки для комментария (ширина и высота).


Font — размеры шрифта текста комментария.

Colors — цвет текста и заполнения (фона) рамки.

3.5. Меню File

Меню предназначено для работы с файлами карт и их объектами (Map Object); оно содержит следующие пункты:

3.5.1. Load from File — набор команд для загрузки из файла карт и их объ-

ектов; набор может быть вызван также кнопкой  Load инструментальной панели; он содержит следующие команды:

Load Map File — загрузка откалиброванной карты из файла с расширением .map, который должен быть в одной папке с изображением карты. При перемещении графического файла в другую папку программой будет выдан запрос о его новом местоположении, после чего map-файл автоматически корректируется с запоминанием нового расположения изображения.

Open Recent Maps — загрузка откалиброванной карты из списка из 16 последних открывавшихся карт.

Clear Recent Maps List — очистка списка последних использовавшихся карт.

Load Waypoints from File — загрузка путевых точек (Waypoints) из файла с расширением .wpt.

Load Events from File — загрузка события (Events) из файла с расширением .evt.

Load Track from File (Multi) — загрузка трека (Track) из файла с расширением .plt; может быть использовано несколько файлов с треками: первым загрузится Track 1, следующим Track 2 и т. д.

Load Routes from File — загрузка маршрутов (Route) из файла с расширением .rte.

Load Points from File — загрузка точек (Point) из файла; эта команда имеет три модификации:

Load Points from File (Multi) — загрузка набора точек (Point Set) из файла с расширением .pnt; может быть выбрано несколько файлов: первым загрузится Point Set 1, следующим Point Set 2 и т. д.

Load Points from Waypoint File — загрузка путевых точек (Waypoint) в набор точек (Point Set) без сохранения свойств Waypoints как таковых.

Load Points from Track File — загрузка точек трека (Track) в качестве набора точек (Point set).

Append Waypoints from File — загрузка путевых точек (Waypoint) из файла в качестве добавки к уже загруженным в оперативную память.

Append Visible Waypoints from File — загрузка путевых точек (Waypoint) из файла в качестве добавки к уже загруженным, которые видимы на текущей карте.

Append Events from File — загрузка события (Event) из файла в качестве добавки к уже загруженным в оперативную память.

Append Track from File — загрузка трека (Track) из файла в качестве добавки к уже загруженному в оперативную память первому треку.

Import Waypoints from Text File — импорт путевых точек (Waypoint) из текстовых файлов.

Import Tracks — набор команд для импортирования треков в различных форматах:

Track from text file — из текстового файла с расширением .plt.

From Mapinfo mif Files — из mif-файлов (координаты должны быть в формате долгота/широта).

From Mapgen Vector Files — из векторных файлов (координаты должны быть в формате долгота/широта).

From ArcInfo E00 files — из ArcInfo E00 файлов.

From IGC Track files — из IGC Track файлов.


From Compe-Gps Track files — из Compe-Gps Track файлов.

Import ESRI Shape File — импорт из ESRI Shape файлов:

Points — точек из файлов в формате ESRI Shape (.shp).

Polylines & Polygons — полилиний и полигонов из файлов в формате ESRI Shape (.shp).

3.5.2. Save to File — набор команд для сохранения в файл карт и их объек-

тов; набор может быть вызван также кнопкой  Save инструментальной панели; он содержит следующие команды:

Save Map File — сохранение текущей карты в файл; команда используется при изменении заметок (Features) или комментариев (Comments) к карте.

Save Waypoints to File — сохранение загруженных в оперативную память путевых точек (Waypoints) в файл.

Save Events to File — сохранение загруженных в оперативную память событий (Events).

Save Track to File — сохранение загруженного в оперативную память трека (Track 1); если номер трека не Track 1, то он может быть сохранен в окне управления треками (Track Control) (раздел 3.3).

Save Routes to File — сохранение загруженных в оперативную память маршрутов (Routes).

Save Points to File — сохранение в файл точек:

Save Points to Points File — из загруженных в оперативную память набора точек (Point Set 1).

Save Points to Waypoint File — из загруженных в оперативную память набора точек (Point Set 1) в файл путевых точек (Waypoint); при этом свойства точек (Point) конвертируются в свойства путевых точек (Waypoint); свойства, не поддерживаемые в Waypoint, будут потеряны, а недостающие — не восстановятся.

Save Waypoints to Points File — из загруженных в оперативную память путевых точек (Waypoints) в файл точек (Point); при этом свойства Waypoint конвертируются в свойства точек (Point); свойства, не поддерживаемые в Point, будут потеряны.

Export Waypoints to Text File — экспорт загруженных в оперативную память путевых точек (Waypoint) в различные форматы.

Export Track — экспорт треков, загруженных в оперативную память, в текстовый формат (To Text File) или в IGC Track формат (To IGC Track File).

Export to ESRI Shape File — экспорт треков в формат ESRI (ArcInfo) Shape (.shp), загруженных в оперативную память набора точек (Point Set 1 to Points), путевых точек (Waypoints to Points) или полилинейных треков (Tracks to Polylines).

3.5.3. Close Map — закрыть текущую и создать пустую карту.

3.5.4. Load and Calibrate Map Image — калибровка новой карты.

Если используется незарегистрированная версия OziExplorer, которая поддерживает только 2 калибровочные точки, то в качестве исходных целесообразно использовать карты с параллельными линиями широты, т. е. без изгиба горизонтальных линий. В случае зарегистрированной версии это требование необязательно.

При калибровке карты в OziExplorer создается map-файл, содержащий информацию о калибровке, проекция карты и ссылку на ее графический файл. При загрузке карты в OziExplorer открывается только map-файл. При импорте карт с калибровочной информацией, включенной в сам файл, она извлекается программой и автоматически создается map-файл.

При калибровке по двум точкам (случай незарегистрированной версии) необходимо знать их координаты (широту и долготу), причем точки должны быть расположены в противоположных углах карты (не на одной линии).

Метод калибровки по 3 точкам использует аффинное преобразование для вычисления коэффициента калибровки. Это линейная трансформация, работающая с картами, которые повернуты или перекошены, но имеющими прямые линии долготы и широты. В этом случае калибровочные точки можно

поставить в любом месте карты, но не в одну линию или в одном направлении (лучше — в трех углах).

В методе калибровки по 4, 5, 6 точкам используется метод наименьших квадратов линейного аффинного преобразования. Этот метод работает с повернутыми и искривленными картами и использует калибровку, усредненную по всем точкам. В этом случае калибровочные точки можно поставить равномерно в любом месте карты, но не в одну линию или в одном направлении.

В методе калибровки по 7 или более точкам используется полиномиальное приближение. Он допускает работу с повернутыми, искривленными картами, а также с большими картами, имеющими искривления линий широты и долготы, одинаковые для всей поверхности. Если искривление неравномерное, то качественной калибровки не получится. Поскольку при сканировании карты ее края иногда могут быть искажены из-за плохой укладки оригинала в сканер, то калибровочные точки целесообразно не располагать на краях изображения.

При выборе рассматриваемой команды вызывается окно Setup первоначальных установок калибровки (рис. 3.19, а), в котором указываются следующие параметры:

Point 1, Point 2, ... Point 9 — переключатель окон для ввода параметров девяти калибровочных точек.

Projection Setup — кнопка установок ручной настройки; если она недоступна, то это значит, что программа сама выбрала необходимые настройки и ввод параметров не требуется.

Map Name — название калибруемой карты (по умолчанию предлагается имя графического файла).

Map Datum — система координат карты (раздел 3.1); выбирается из предлагаемого списка после нажатия треугольной кнопки в поле параметра. Для достижения лучшей точности система координат калибровочных точек должна совпадать с системой координат карты. Если она задана неправильно, то любые координаты, полученные из GPS-приемника, будут отображаться на карте неправильно.

Mag Var — магнитное склонение, обычно имеющееся на полях карты и используемое для вычисления магнитного меридиана, отклонения от истинного меридиана и т. п. (см. раздел 1.5), а также при определении направления для маршрута (Route), при расчете дистанции между путевыми точками (Distance between waypoints (bearings)). Если параметр не указывать, то OziExplorer считает его автоматически.

Map Projection — выбор проекции карты или координатной сетки (только для зарегистрированной версии). В незарегистрированной версии, ограниченной двумя точками, доступны только широта и долгота (Latitude/Longitude). Проекция карты определяет необходимую проекцию и/или координатную сетку для карты (обычно эти данные печатаются на полях карты). Большинство (но не все) топографические карты используют поперечную проекцию Transverse Mercator; поэтому для начала можно выбрать эту проекцию. В общем же случае Map Projection выбирается из предлагаемого списка координатных сеток, поддерживаемых OziExplorer: UTM (Universal Transverse Mercator), BNG (British National Grid) и др. (см. раздел 3.1).

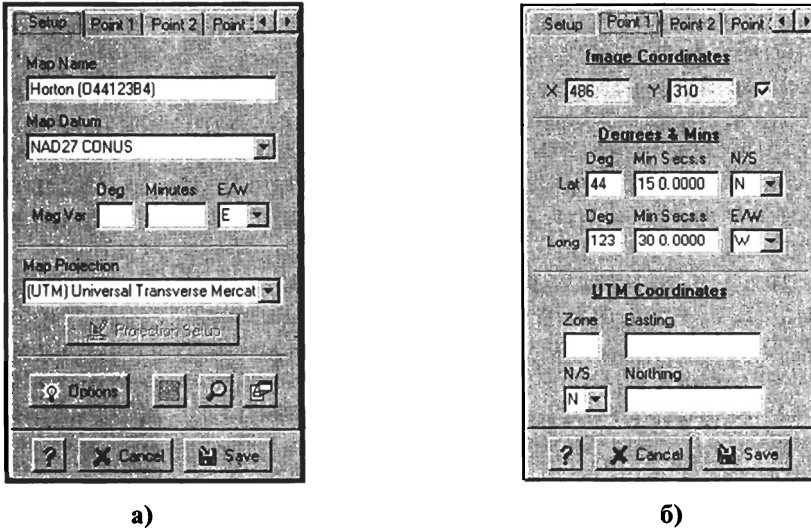





Рис. 3.19. Окна калибровки карты

Options — кнопка дополнительных опций (см. п. 3.5.5).

Другие кнопки:

 (Show/Hide Corner markers) — показать маркеры углов, которые по умолчанию располагаются в углах изображения карты и определяют границу, при пересечении которой курсором навигатора автоматически загрузится новая карта. Если у карты есть бордюр, то маркеры курсором мыши из углов бордюра перемещаются на углы изображения карты.

 (Show Cursor Zoom Window) — увеличить карту под курсором.

 (Show MapView Window) — вызвать окно (панель) быстрой навигации по карте.

При вводе параметров калибровочных точек (после нажатия на одну из закладок Point 1, Point 2, ... Point 9) вызывается окно на рис. 3.19, б, в котором выбираются:

Image Coordinates (X,Y) — координаты точки X и Y в пикселах на изображении.

Degrees & Mins — выбор формата измерения широты (Lat) и долготы (Long) точки.

Grid Coordinates — координатная сетка (выбрана ранее в Map Projection).

Zone — зона, используемая только в системах UTM, British National Grid и Irish Grid.

N/S — координаты N (север) или S (юг) относительно экватора; устанавливается вручную только для UTM.

Easting, Northing — координаты в направлении восток/запад (east/west) и север/юг (North/South) соответственно.

Процесс калибровки заключается в следующем. После щелчка по закладке Point 1 курсор мыши принимает форму перекрестия с номером 1 и названием Calibrate Position. После этого курсор ставится в точку карты с известными

координатами (долготой и широтой) и нажимается левая кнопка мыши. В результате в полях Image Coordinates (X,Y) появятся координаты этой точки в пикселах (калибровочная точка может быть отключена деактивацией опции в поле Image Coordinates). После этого вводится долгота и широта этой точки в формате Deg Min Secs.s (градусы-минуты-пробел-секунды-точка-доли секунды). Отрицательные значения для этих величин использовать нельзя: для этого служат обозначения N/S и E/W для полусфер. Калибровочные точки могут перемещаться клавишами курсора при нажатой клавише Shift.

Аналогичным образом проводится калибровка остальных точек. В заключение нажимается кнопка Save и результат сохраняется в map-файле. Позднее в нем можно сохранить замечания (Features) и комментарии (Comments) к откалиброванной карте.

3.5.5. Check Calibration of Map — корректировка калибровки карты, которая заключается в присоединении к карте треков (Track), путевых точек (Waypoint), событий (Event) или маршрутов (Route). Для этого в окне на рис. 3.19, а нажимается кнопка Options, в результате чего будет вызвано окно Map Advanced Options (рис. 3.20), в разделе Attach Files to Map которого выбирается файл с указанными объектами и кнопкой Add добавляется в поле списка; для удаления отмеченного файла используется кнопка Remove.

Include in Moving Map — опция автоматической загрузки очередной карты при достижении курсором края текущей загруженной карты. Деактивация опции позволяет не загружать некоторые карты в режиме навигации в реальном времени. Однако если карта загружена вручную при выключенной опции, то программа будет пытаться найти другую карту.

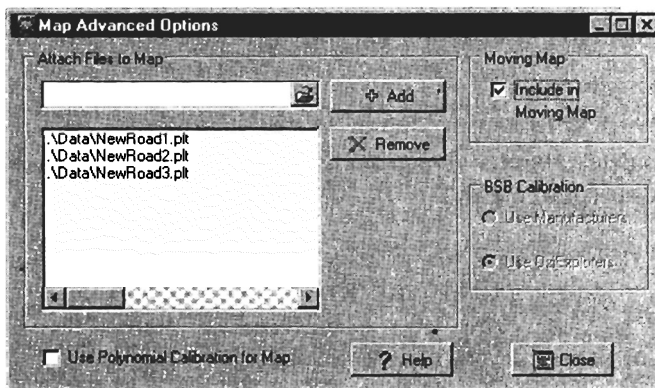


Рис. 3.20. Окно корректировки калибровки карты

Программа позволяет присоединить до 50 plt-файлов с треками для отображения новых дорог или опасных зон, выполняющих предупредительную функцию в режиме навигации в реальном времени. Присоединенные треки будут автоматически загружаться при загрузке карты. Причем они будут постоянно видны на карте независимо от состояния кнопки Show Track (см. п. 3.7.10), влияющей на обычные треки.

Что же касается путевых точек, событий или маршрутов, то к карте можно присоединить только по одному каждого типа (только первые из списка).

Присоединенные файлы будут автоматически загружаться при открытии этой карты. Однако, если выбрана опция Keep Map Objects (Сохранять объекты на карте) в разделе Map Load Options (см. п. 3.5.10), то эти файлы будут загружены только при отсутствии в оперативной памяти аналогичных объектов. Например, если уже загружены путевые точки в оперативную память, то при загрузке карты с присоединенным файлом путевых точек они будут удалены из оперативной памяти и заменены точками из присоединенного файла.

3.5.6. Change Image File Name, Path & Drive — изменение имени или пути к файлу с изображением карты.

3.5.7. Import Map — импорт карт разных форматов в формат OziExplorer; при этом программа извлекает информацию о калибровке из этих карт и создает мар-файл, который позволяет открывать их в OziExplorer. При импортировании изображение карты не копируется: если, например, карта импортирована с компакт-диска, то он понадобится и при последующих загрузках.

Команда позволяет импортировать карты форматов DRG (пункты Single DRG Map и All DRG Maps on a CD or in a Folder), BSB или NOS/GEO Chart (Single BSB or NOS/GEO Chart и All BSB or NOS/GEO Charts on a CD or in a Folder), Maptech RML или PCX Charts (Maptech RML or PCX Charts), QuoVadis (QuoVadis Navigator Maps on CD), ECW (ECW Maps (UTM or Lat/Lon based only)).

При использовании команды OziExplorer Map Files (*.map) on CD на жесткий диск копируется только мар-файл с фиксацией указанного пути к компакт-диску, который понадобится при последующих загрузках карты.

С помощью команды Map Features and Comments from Map File импортируются из мар-файлов замечания (Features) и комментарии (Comments) в текущую карту.

3.5.8. Print — печать карты и ее объектов.

Print Map Image (Печать изображения карты) — команда содержит следующие инструкции (рис. 3.21):



(Selected) — кнопка для вызова уменьшенной копии карты для выделения фрагмента карты для печати. Кнопка доступна только при выборе одной из опций в разделе Print Map. Выделение производится по правилу прямоугольника при нажатой левой кнопке мыши.

Window — Fit to page(s) — печать видимой на экране части карты на одном листе (размер печатаемого изображения можно предварительно изменять увеличением или уменьшением масштаба карты).

Window — to Scale — печать видимой части карты с возможностью выбора масштаба при печати.

Selected — Fit to page(s) — печать выделенного фрагмента карты с возможностью предварительного масштабирования изображения до размера листа.

Selected — to Scale — печать выделенного фрагмента карты с возможностью масштабирования изображения в процессе печати.

Map — Fit to page — печать всей карты на одном листе.

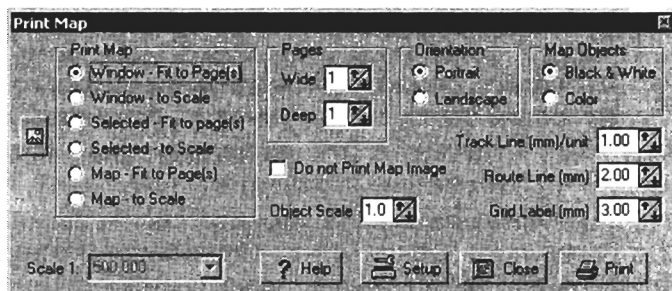


Рис. 3.21. Окно настройки печати карты

Map — to Scale — печать всей карты с возможностью масштабирования изображения в процессе печати.

Печать карты может быть прервана нажатием клавиши Esc, когда окно OziExplorer активно.

Scale — выбор масштаба для печати; если в списке нет нужного масштаба, то он вводится вручную (при выборе маленьких масштабов для больших карт может получиться много листов при печати!).

Pages (Страницы) — количество страниц в ширину (Wide) и высоту (Deep) при использовании опции Fit to Page(s) (не используются в режиме to Scale). Ширина и высота используются совместно с сохранением пропорции. Если, например, необходимо напечатать карту на двух листах в одну ширину и 10 в высоту, то заданная высота 10 не будет иметь значения, т. к. при сохранении пропорций высота будет вычислена как 1,5 и, соответственно, будет использовано 2 листа.

Orientation (Ориентация) — выбор ориентации страницы: вертикальная (Portrait) или горизонтальная (Landscape).

Map Objects (Объекты на карте) — печать путевых точек, событий, заметок и комментариев в черно-белом (Black & White) (это не касается цветных символов (Symbols)) или в цветном варианте (Color).

Do not Print Map Image (Не печатать изображение карты) — используется в специальных случаях, например для печати на прозрачных пленках.

Object Scale (Масштаб объектов) — выбор масштаба путевых точек, событий и комментариев (обычно используется масштаб 1:1).

Track Line (mm/unit) (Линия трека) — выбор толщины линии трека: при одном пикселе толщина будет 1 мм, при двух пикселях — 2 мм и т. д.

Route Line (mm) (Линия маршрута) — выбор толщины линии маршрута.

Grid Label (mm) (Подписи к координатной сетке) — размер шрифта для подписей к координатной сетке.


Setup — кнопка вызова стандартного окна для настройки принтера.

Print — кнопка запуска печати.

Следует заметить, что минимальный масштаб карт ограничен размером 1:500. Если выбрать такой масштаб при распечатке большой карты, то получится около тысячи страниц. В этом случае программа выдаст предупреждающее сообщение и не позволит напечатать более 200 страниц. Кроме того, в этом случае может последовать сообщение об ошибке #102 или GPF. И еще одно замечание связано с невозможностью печати на некоторых принтерах

символов путевых точек. Временным выходом из этого положения является использование несколько другой процедуры печати. Для этого в директорию Oziexplorer помещается файл с именем porcanvas.dat, содержимое которого несущественно. Однако в этом случае нельзя изменять параметры Object Scale.

Print Waypoint List — печать списка путевых точек; в окне команды (рис. 3.22, а) выбираются следующие параметры:

Datum — выбор из предлагаемого списка системы координат; при загруженной карте автоматически выбирается ее система или устанавливается таковой при нажатии кнопки  в верхней строке состояния.

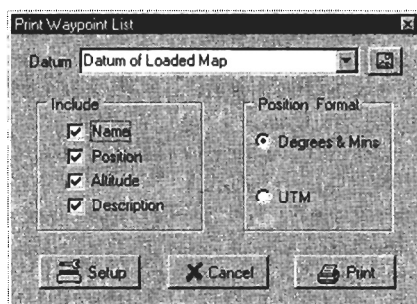
Include — набор опций для включения в печать названия путевых точек (Name), их горизонтальных координат (Position), высоты над уровнем моря (Altitude) и описания (Description).

Position Format — выбор единиц измерения координат: градусы-минуты-секунды (Degrees & Mins) или единиц UTM.

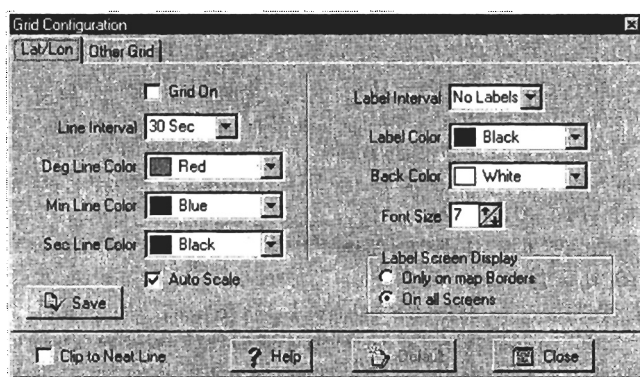
Назначение кнопок аналогично рис. 3.21.

Print Event List — печать списка событий; в окне команды (рис. 3.22, б) выбираются параметры аналогично рис. 3.22, а.

Print Route List — печать списка маршрутов; командой вызывается стандартное окно для загрузки файла списка маршрутов (с расширением .rte), после чего выбираются все (кнопкой Select All) или нужные маршруты.



а)



б)

Рис. 3.22. Окна настройки печати списка путевых точек и событий

3.5.9. Save Map to Image File — сохранение карты со всеми ее объектами в PNG- или BMP-формате в 24-битном цвете (Color Image), в черно-белом виде (Black & White) или формате OziExplorer (Run Im2Ozf program). В последнем случае потребуется утилита Im2Ozf (см. раздел 3.1), которую целесообразно установить в папку OziExplorer.

Заметим, что преобразование цветного в черно-белое изображение (режим Black & White) требует достаточно много времени, большого объема оперативной памяти и при большом объеме файла может приводить к зависанию программы. Поэтому при выполнении такой операции целесообразно использовать какой-либо графический редактор (например, Photoshop).

3.5.10. Configuration (Alt + C) — настройка OziExplorer; производится выбором параметров на каждой закладке окна на рис. 3.23. Рассмотрим содержание этих закладок.

System — системные настройки (рис. 3.23):

Load Last Map — опция автоматической загрузки последней использовавшейся карты.

Set Last Zoom and Position — опция запоминания (при включенной Load Last Map) расположения и масштаба карты, которые были в момент выключения программы или режима навигации.

Show Map View — опция автоматической загрузки окна Map View (Просмотр карты) быстрой навигации по карте (только для зарегистрированной версии).

Show Zoom Window — опция автоматической загрузки лупы Cursor Zoom Window (окно увеличения карты под системным или курсором навигатора).

Ask Before Quitting — опция запроса подтверждения при выходе из программы.

Window Position — установка позиции и размера окна OziExplorer при его загрузке: максимальный размер (Maximize) или размер, сохраненный при нажатии кнопки Store Window Position (At Stored Position — как сохраненная позиция); сохранение подтверждается нажатием кнопки Save (Сохранить).

Map Scroll Increment — установка шага сдвига карты на экране при нажатии мышью на полосу прокрутки или при нажатии на клавиши курсора.

Data File Datum — система координат, в которой будут сохраняться данные в файлах. При этом долгота и широта будут автоматически переводиться из формата загруженной карты (Map Datum) в указанный формат (только для зарегистрированной версии).

Когда данные загружаются из файла, они автоматически переводятся в формат загруженной карты (Map Datum). Формат сохраненных в файле данных сохраняется в этом же файле.

Map File Path — путь к папке (по умолчанию MAPS) с map-файлами карт. В этой папке можно создавать дополнительные папки для разделения карт по видам и/или масштабам. При этом карты можно вызывать из любой директории, однако OziExplorer при поиске нужной карты или при навигации в реальном времени будет искать следующую карту в заданной здесь папке.

Data File Path — путь к папке с файлами данных; по умолчанию это папка DATA в корневой папке OZIEXPLORER.

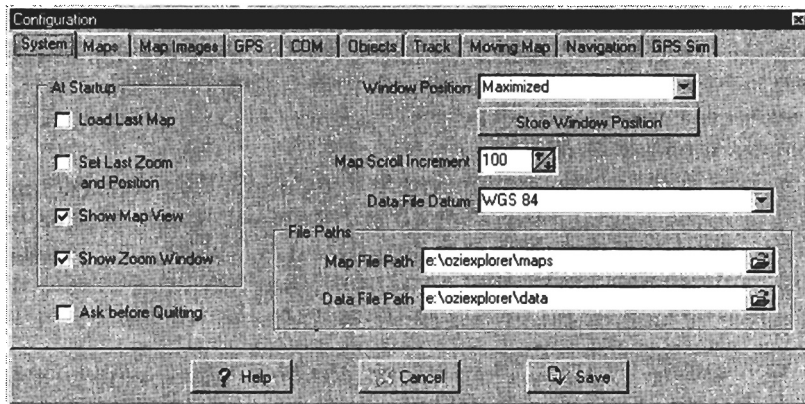


Рис. 3.23. Окно системных настроек программы

Maps — работа с навигационной картой:

Distance Units — выбор единицы измерения расстояний: километры (Kilometers), мили (Miles) или навигационные мили (Nautical Miles).

Speed Units — выбор единицы измерения скорости: км/час (KPH), миль/час (MPH) или в узлах (Knots).

Altitude Units — выбор единицы измерения высоты: метры (Meters) или футы (Feet).

Bearings — определение азимута относительно истинного (True) или магнитного (Magnetic) меридиана (см. раздел 1.2).

Distance Calcs — вычисления расстояний с использованием модели сфероида (sphere) или эллипсоида (ellipsoid) (см. раздел 1.1). Различные GPS-приемники используют разные модели, например приемники Garmin используют эллипсоид, Lowrance/Eagles и Magellans — сферу. При этом разница составляет около 1% и сказывается только при определении больших расстояний.

Country or Region — выбор страны или региона местоположения приемника. При выборе региона, когда в списке отсутствует страна, указывается часть света относительно Гринвичского меридиана и экватора: северо-восток (NE), северо-запад (NW), юго-восток (SE) или юго-запад (SW).

Lat/Long Display — формат представления широты и долготы: градусы (Degrees), градусы-минуты (Deg.Min) или градусы-минуты-секунды (Deg.Min.Sec); по умолчанию выбран последний вариант.

Blank Map Datum — система координат (Datum) для пустой карты (Blank map), которая используется в случае, если создается пустая карта с помощью опции Blank map в меню Map, но не используется, если карта уже создана до изменения этого значения.

Create Map Thumbnail — создание уменьшенной копии изображения карты (файл с расширением .mvl для карт bmp-формата, который хранится в той же директории, что и map-файл). Такие копии создаются только для больших карт (более 1 Мбайт) и используются для просмотра карты навигатором MapView.

Map Load Options — выбор режима загрузки карты:

Keep Map Objects — опция сохранения всех объектов текущей карты (путевых точек, событий и др.) в оперативной памяти после загрузки новой карты. Для очистки памяти от таких объектов используется команда Clear в меню Map.

Keep Zoom Level — опция сохранения масштаба при загрузке новой карты. Эта и предыдущая опции используются при навигации в реальном времени, навигации по маршруту или при переходе на другую карту.

Alternate Grid — альтернативная координатная сетка; используется вместе с основной сеткой и не влияет на привязку карты.

Use Map User Grid — опция использования сетки пользователя.

Map Images — опции настройки путей поиска файлов с изображениями карт для загрузки.

Поиск файла с изображением карты начинается с анализа map-файла, в котором указывается местоположение изображения. Если оно таким образом не обнаруживается, то поиск ведется в папках, указанных в Path 1—Path 4 поля Image File Paths закладки. Очередной шаг поиска заключается в проверке отмеченных дисков в поле Check Drives. Если включена опция Always Check All CD Drives, то приоритет среди дисков, отмеченных в поле Check Drives, будет отдан CD-ROM.

GPS — настройка GPS-приемника (рис. 3.24).

GPS Make — выбор GPS-приемника из списка: с протоколом NMEA, с системой координат WGS-84, а также приемники таких известных производителей, как Garmin, Magellan, Eagle и др.

GPS Model — в этом поле выбирается модель GPS-приемника, соответствующего полю GPS Make; в противном случае оставляется All Makes.

GPS Symbol Set — установка поддерживаемых GPS-приемником символов.

GPS Parameters — установка числа путевых точек, числа символов в их имени, числа событий, треков, точек в треке, количества путевых точек в маршруте. Если выбран производитель и модель GPS-приемника, то эти параметры устанавливаются автоматически.

GPS Upload/Download Datum — выбор системы координат, которая будет использоваться при загрузке данных (точки, треки и т. п.) в GPS-приемник и выгрузке данных из GPS-приемника в OziExplorer. Приемники Garmin и Magellan всегда используют WGS-84, Lowrance/Eagles — в зависимости от системы координат, установленной в приемнике. В большинстве случаев используется WGS-84.

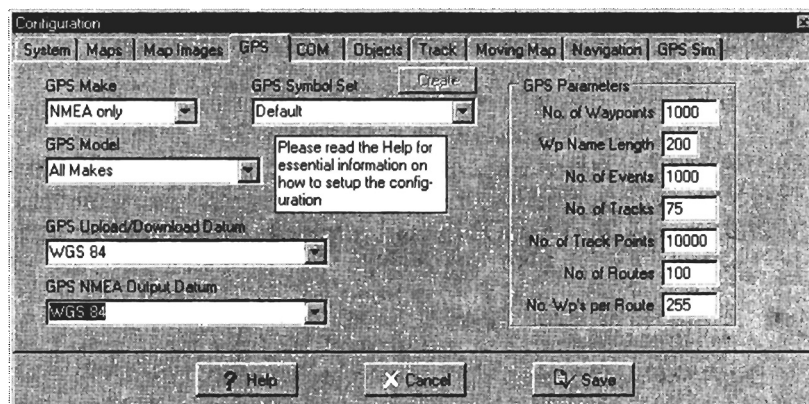


Рис. 3.24. Окно настроек GPS-приемника

GPS NMEA Output Datum — выбор системы координат, которая будет использоваться при передаче данных NMEA с координатами текущего местоположения; в большинстве случаев используется WGS-84.

Com — настройка коммуникационного порта (рис. 3.25):

Com Port — выбор номера последовательного порта компьютера, к которому присоединен GPS-приемник.

Parity — проверка на четность (Even), на нечетность (Odd) или отсутствие проверки (None).

Stop Bits — выбор количества стоповых бит: 1 или 2.

Upload/Download Baud rate — установка скорости передачи данных, определяемой приемником.

NMEA Baud rate — скорость приема данных согласно протоколу NMEA, которая может отличаться от Upload/Download Baud rate и может использоваться при навигации в реальном времени (Moving Map).

Use PVT for Garmin instead of NMEA — разрешение на использование протокола PVT Garmin вместо NMEA; при этом в меню приемника должен быть установлен режим GRMN/GRMN HOST или Garmin.

Serial Port Driver — выбор драйвера последовательного порта. Наличие двух драйверов объясняется тем, что в современных ноутбуках могут использоваться конвертеры USB-COM различных конструкций со своими драйверами.

Заметим, что для автоматического определения параметров коммуникационного порта может быть использована утилита GPSviewer (см. раздел 2.5).

Auto Pilot Output — режим автопилота с использованием данных, содержащихся в сообщениях \$GPRMC, \$GPRMB, \$GPAPB, \$GPBWC протокола NMEA.

Active — опция разрешения передачи данных для автопилота в случае навигации по маршруту (Route) или к путевой точке (Waypoint); в других случаях информация не передается.

Com Port — выбор номера последовательного порта, к которому подключен автопилот. Если номер совпадает с выбранным выше, то будут использоваться его настройки Baud Rate и Parity.

Interval — интервал времени между посылками NMEA в автопилот.

RMC, RMB, APB, BWC — опции разрешения использования указанных выше сообщений протокола NMEA для автопилота.

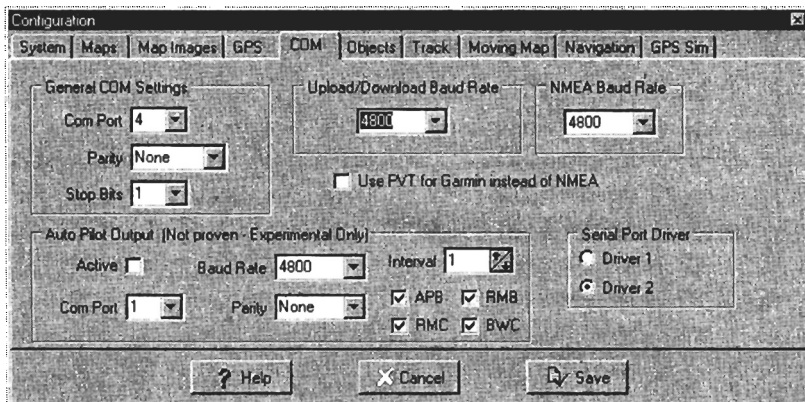


Рис. 3.25. Окно настроек коммуникационного порта

Objects — параметры объектов карты:

Route Line Width — толщина линии (в пикселях) для изображения маршрута (Route).

Reserved Waypoints — резервирование части точек (от 0 (Lower) до 20 (Upper)), которые программа не будет использовать при вводе точек вручную; применяется только в приемниках Lowrance & Eagles с цифровой нумерацией путевых точек (Waypoint).

Track — параметры треков:

Default Track Color — цвет трека по умолчанию.

Default Track Width — толщина линии трека по умолчанию.

Track Control Initial Size — размер окна для работы с треками: маленький размер (Toolbar Only) или полное окно (Toolbar + All Tracks).

Moving Map — параметры навигации в реальном времени (рис. 3.26); настройки доступны только для зарегистрированной версии:

Screen Update Rate — интервал времени (в секундах) между обновлениями экрана.

Store Track Point Interval — интервал между точками трека в единицах измерения расстояний (километры, метры, мили и т. п.).

Track Tail Length — длина видимого на экране трека. Поскольку изображение слишком длинного трека задерживает обновление экрана, то целесообразно ограничивать его длину (если установить 0, то будет отображаться весь трек).

Dock Controls — опция, разрешающая расположение окна управления навигацией в реальном времени (Moving map) и навигаций по маршруту (Navigation) справа на экране; при выключенной опции окна будут «плавающие».

Scroll Method — метод скроллинга карты: местоположение в центре экрана (если только нет приближения к краю карты) (Keep Map Centered on Position), перемещение курсора в центр экрана, если до края карты остается 25% (Center When Near Window Edge), или позиция на экране располагается так, чтобы в направлении движения отображалась большая часть карты (Show more Map in Heading Direction).

Pointer — выбор типа курсора (указателя местоположения): в виде стрелки, кораблика, самолета, автомобиля или нескольких самодельных (см. Creating Moving Map User Pointers).

Scale — размер изображения курсора на экране.

Pointer Color — цвет курсора (темный цвет для светлых карт, оранжевый — для темных).

Pointer Solid Color — если эта опция включена, то курсор будет полупрозрачным и сквозь него можно видеть детали карты.

Always Check for More Detailed Map — опция поиска через заданный интервал времени более подробной карты, в которой на один пиксел (per pixel) приходится меньшее расстояние. Карты ищутся в директории, заданной в Map File Path. Настройка не связана с режимом поиска новой карты при пересечении ее края карты.

Ignore Maps with Error — опция игнорирования карт с ненайденным графическим файлом.

Current map Path — опция поиска новой карты только в директории, откуда была загружена текущая карта, иначе будет использоваться и директория, заданная в Map File Path.

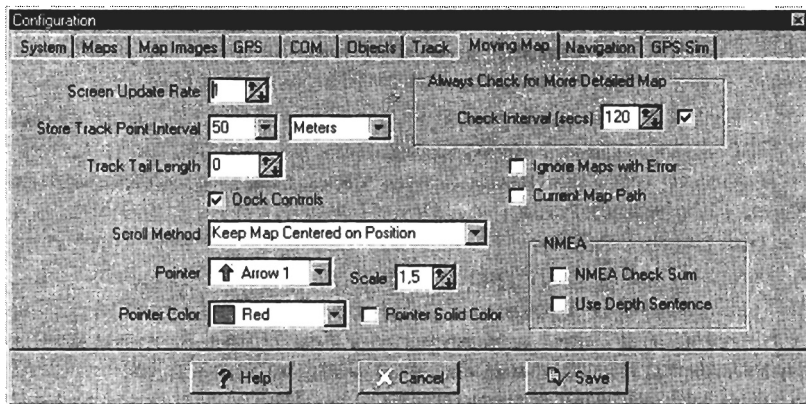


Рис. 3.26. Окно настроек параметров навигации

NMEA Check Sum — опция проверки контрольной суммы (Check Sum) в получаемых данных по NMEA. При этом любые блоки данных с ошибками будут игнорироваться с формированием в строке состояния сообщения CSumError.

Use Depth Sentence — опция, разрешающая использование сообщений DBT или DPT протокола NMEA для вывода на экран значений высоты над уровнем моря и записи их в трек.

Navigation — дополнительные атрибуты навигации:

Show Leg Details — опция отображения информации о дистанции и направлении к следующей маршрутной точке на активном участке маршрута (Route). Опция контролирует функцию измерения расстояний при использовании кнопки Mark на инструментальной панели.

Leg Distance Color — выбор цвета активного участка маршрута.

Route Wp Proximity — радиус окружности вокруг маршрутной точки в метрах. При входе в эту окружность точка считается достигнутой, о чем появляется информационное сообщение, после чего активным становится отрезок маршрута от текущей точки к следующей. Установка малых значений радиуса затрудняет навигацию. Если точка проходит без захода в зону приближения, то она засчитывается в число пройденных и активизируется следующий отрезок. Route Wp Proximity применяется только к маршрутным точкам или точкам, в направлении которых включена навигация (Navigate To).

Alarm Duration — длительность (в секундах) звукового предупреждения при приближении к любой точке, у которой задана и включена зона приближения (Proximity), при достижении конца маршрута или опасной зоны (Alarm Zone).

Show Line from Position — опция отображения линии из текущей позиции к следующей точке маршрута.

Project Track Line — опция отображения линии курса (азимута) маршрута.

Projected Line Width — толщина линии курса (азимута). Если задано более 1, то линия будет сплошной из-за ограничений Windows API.

Projected Line Color — цвет линии курса (азимута).

Compass Button — кнопка вызова окна настройки шкалы компаса.

Show Compass Rose — опция включения компаса в точке местоположения в режиме навигации в реальном времени с параметрами:

Direction — направление нуля шкалы компаса: в направлении географического севера (True North), магнитного севера (Magnetic North) или по курсу (Course).

Circle Color — цвет линии окружности шкалы компаса.

Line Color — цвет линий и цифр шкалы компаса.

Circle Line Width — толщина окружности шкалы компаса.

Line Width — толщина линий шкалы компаса.

Cross Length — размер перекрестья в текущем местоположении (центр компаса).

GPS Sim — эмуляция GPS:

Units — выбор единицы измерения расстояния (километры и мили).

Initial Zoom Range — начальное увеличение.

Waipoint Show Format — формат отображения путевых точек: в виде цифр, имен или координат.

GPS Sim эмулирует работу GPS-приемников Lowrance GN200 или 212, Eagle Explorer или Expedition, Garmin GPS 12 или 12XL.

3.5.11. Customize Toolbar — добавление/удаление кнопок на пользовательской инструментальной панели, которая включается/выключается командой View/Show/User Toolbar. Формирование пользовательской инструментальной панели осуществляется с помощью окна на рис. 3.27, в котором:

Available toolbar buttons — доступные кнопки инструментальной панели.

Current toolbar buttons — текущие кнопки инструментальной панели.

Add (Добавить) — кнопка для переноса отмеченной в Available toolbar buttons команды в поле Current toolbar buttons.

Remove (Переместить) — кнопка стирания отмеченной в Current toolbar buttons команды.

Flow Buttons to 2 lines — размещение кнопок в 2 линии (строки); если кнопки не умещаются в двух строках, то панель не будет отображаться.

Flat Buttons — выключение/выключение объемного изображения кнопок

Move Up, Move Down — перемещение отмеченной кнопки в списке Current toolbar buttons вверх или вниз на одну позицию.

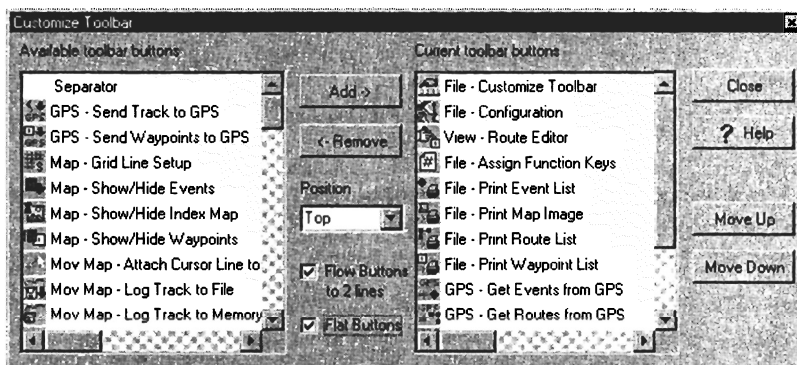


Рис. 3.27. Окно настроек пользовательской инструментальной панели

3.5.12. Assign Function Keys — присвоение функциональным клавишам F2—F12 команд, перечисленных в поле Available toolbar buttons на рис. 3.27.

3.5.13. Quit (Alt + X) — выход из Oziexplorer.

3.6. Меню Select

Меню предназначено для выделения объектов карты; оно содержит следующие пункты:

3.6.1. Selection Control — вызов окна управления выделением (Marking Control) (рис. 3.28), с помощью которого более удобно пользоваться большинством опций из меню редактирования (Edit). Окно представлено 6-ю кнопками для управления выделением путевых точек (первая слева кнопка), событий, точек трека, инвертирования выделения (4-я кнопка), удаления и записи выделенных объектов в файл (подробности ниже).



Рис. 3.28. Окно управления выделением

3.6.2. Select Waypoints — выделение путевых точек (Waypoints) по правилу прямоугольника.

3.6.3. Select Events — выделение событий (Events) по правилу прямоугольника.

3.6.4. Select Nearest Waypoints — вызов окна для выделения путевых точек (Waypoints), расположенных на заданном расстоянии от заданной путевой точки маршрута или первой точки трека.



3.6.5. Invert Selection — инвертирование выделения: выделенные объекты становятся невыделенными, а невыделенные — выделенными.

3.6.6. Delete Selected Objects — удаление выделенных объектов.

3.6.7. Save Selected Objects — сохранение выделенных объектов в файле.

3.6.8. Copy Map Screen to Clipboard — копирование изображения карты, ее объектов или открытых окон в буфер обмена (Clipboard).

3.7. Меню View

3.7.1. Show — показать/скрыть: инструментальную панель (Main Toolbar); инструментальную панель пользователя (User Toolbar) (см. п. 3.5.11); лупу (Zoom Windows); окно навигатора (Map View); последние две команды дублируются соответственно кнопками  и  инструментальной панели.

3.7.2. Hide — скрыть: путевые точки, события, заметки, комментарии или все объекты карты.

3.7.3. Unhide — отменить команды предыдущего пункта.

3.7.4. Lists — показать списки: путевых точек (Alt + W), событий (Alt + E), заметок или комментариев. В качестве примера на рис. 3.29 показан список путевых точек, наиболее полный по числу параметров. В этом окне:

Datum — выбор системы координат (см. раздел 3.1).

Number — номер и символ путевой точки.

On Map — наличие точки на текущей карте.

Name — имя путевой точки.


Latitude, Longitude — координаты точки: широта и долгота.


Alt(m) — высота путевой точки над уровнем моря.

Description — описание точки.


Кнопки:


 — установить систему координат загруженной карты.


 Sort (Sort by Name) — сортировать путевые точки по имени; зарезервированные путевые точки, заданные в настройках программы, не будут отсортированы.


 (Position Format Buttons) — показать координаты в градусах или в выбранной координатной сетке (Alternate Grid в настройках).

 — сохранить выделенные путевые точки в файл.

 — послать выделенные путевые точки в GPS-приемник.

 — изменить символ, формат отображения выделенных путевых точек на экране или в Garmin GPS-приемнике.

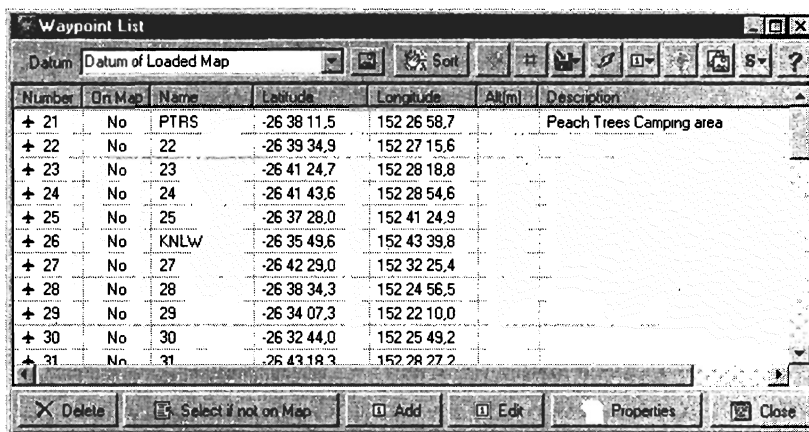
 (Plot Location of Selected Waypoint on Current Map) — сдвинуть карту так, чтобы путевая точка была в центре экрана.

 (Find Map for Selected Waypoint) — найти карты, на которые попадает путевая точка; вызывается окно со списком карт.

 — выбор команд выделения, инвертирования и снятия выделения.

Delete — удаление выделенных путевых точек.

Select if Not on Map — выделить все путевые точки, которые не отображаются на текущей карте.



Number	On Map	Name	Latitude	Longitude	Alt(m)	Description
+ 21	No	PTRS	-26 38 11,5	152 26 58,7		Peach Trees Camping area
+ 22	No	22	-26 39 34,9	152 27 15,6		
+ 23	No	23	-26 41 24,7	152 28 18,8		
+ 24	No	24	-26 41 43,6	152 28 54,6		
+ 25	No	25	-26 37 28,0	152 41 24,9		
+ 26	No	KNLW	-26 35 49,6	152 43 39,8		
+ 27	No	27	-26 42 29,0	152 32 25,4		
+ 28	No	28	-26 38 34,3	152 24 56,5		
+ 29	No	29	-26 34 07,3	152 22 10,0		
+ 30	No	30	-26 32 44,0	152 25 49,2		
+ 31	No	31	-26 43 18,3	152 28 27,2		

Рис. 3.29. Список путевых точек

Add — добавить вручную новую путевую точку; вызывается окно Add/Edit Waypoint, где можно ввести основные параметры точки: имя (Name); координаты (Position Fields); описание (Description), система координат (Position Datum) и символ (Symbol) (см. также раздел 3.2).

Edit — редактировать выделенную путевую точку.

Properties — вызов окна свойств выделенной путевой точки.

3.7.5. Distance between Waypoints — вызов окна для измерения расстояния между путевыми точками. В этом окне (рис. 3.30) в поле From Waypoint выбирается первая путевая точка, а в поле To Waypoint — вторая. Результаты измерения расстояния (Distance) и направления (Bearing) представлены в виде расчета по методу кратчайшего расстояния (Great Circle) и азимутального (Rhumb Line) метода.

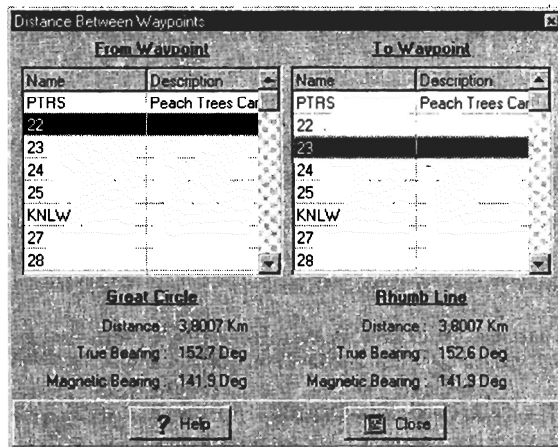


Рис. 3.30. Список путевых точек

3.7.6. Distance Display — вызов окна для измерения расстояний и направлений между точками на дисплее. В качестве примера на рис. 3.31 показаны результаты измерения расстояния (длины сегментов) между точками трека, начиная от точки TP1 (другие точки отмечены крестиками). Аналогичное

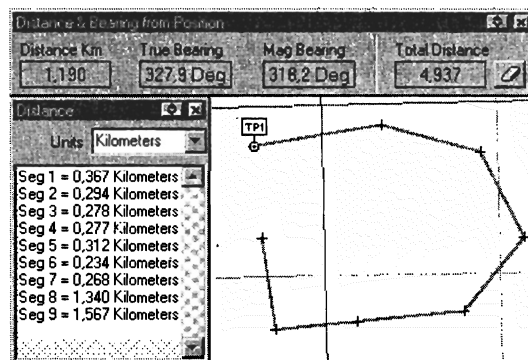


Рис. 3.31. Окно измерения расстояний и направлений между точками на дисплее

окно вызывается также кнопкой + (Mark Position on Map) инструментальной панели. При этом измеряемые точки отмечаются символами «+» и отображением расстояния и азимута непосредственно на карте.

3.7.7. Route Editor (Alt + R) — вызов редактора маршрутов (см. раздел 3.2).

3.7.8. Show Routes on Map (Ctrl + R) — показать маршруты на карте (см. раздел 3.2).

3.7.9. Tracks — вызов окон управления треками (см. раздел 3.3).

3.7.10. Show tracks on Map (Ctrl + T) — показать треки на карте.

3.7.11. Points — вызов окна управления точками (см. раздел 3.4).

3.7.12. Show Points on Map — показать точки на карте.


3.7.13. Simulated GPS — эмуляция внешнего вида GPS-приемников Lowrance GlobalNav 200, Eagle Explorer или Garmin 12 (конкретная модель выбирается в настройках программы — см. п. 3.5.10).

3.7.14. Datum List — вызов окна со списком систем координат и параметрами использованных в них эллипсоидов.

3.8. Меню Map

Меню предназначено для работы с картами; оно содержит следующие пункты:

3.8.1. Re-index Map Files — обновление индексной информации об имеющихся картах, необходимой для быстрого поиска карт. Эта команда практически не используется, поскольку такая информация обновляется при каждом запуске программы.

Index Map — загрузить индексную карту (Index Map); дублируется кнопкой  (Index Map) инструментальной панели (см. раздел 3.1).

3.8.2. Blank Map (Auto Scale) — вызов пустой карты мира с шагом координатной сетки 10 градусов. При первом запуске пустая карта будет калибрована на покрытие всего мира. При вводе данных из файла или из GPS-приемника такая карта автоматически масштабируется под эти данные. Если добавляются или удаляются вручную какие-либо данные, то для масштабирования карты можно использовать следующую команду.

3.8.3. ReScale Blank Map — новое масштабирование пустой карты.

3.8.4. Grid Line Setup — вызов окна настройки координатной сетки, которое состоит из двух закладок.

Lat/Lon — закладка координатной сетки широта/долгота; она содержит следующие настройки:

Grid On — использовать координатную сетку с выбранными в окне параметрами.

Line Interval — выбор из списка интервала между линиями координатной сетки.

Deg Line Color, Min Line Color, Sec Line Color — выбор цвета градусных, минутных и секундных линий.

Auto Scale — опция автомасштабирования карты; параметр **Line Interval** будет автоматически пересчитываться так, чтобы сохранялось примерно рав-

ное расстояние между линиями сетки (это расстояние должно быть одним из списка Line Interval).

Label Interval — интервал между подписями на карте (в градусах, минутах или секундах).

Label Color, Back Color — цвет надписей и фона.

Font Size — размер шрифта подписей.

Label Screen Display — отображение подписей только на краях карты (Only on Map borders) или в любом месте (On all Screens).

Координатная сетка широта/долгота может быть использована на любой карте с любым масштабом и любой проекцией, за исключением карт, которые пересекают долготу 180 градусов, и карт, размер которых выходит за допустимые пределы, например, карта мира.

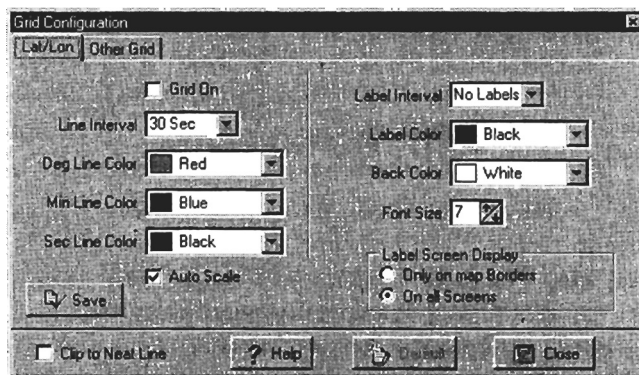


Рис. 3.32. Окно настройки координатной сетки Lat/Lon

Other Grid — закладка для других координатных сеток; она содержит следующие настройки (кроме рассмотренных выше):

Clip to Neat Line — опция установки сетки в границах угловых маркеров.

Numbers — отображение размера линий сетки полностью (Normal); без указания метров (Meters), если последние 3 цифры нули; с использованием множителя 1000, обозначаемого символом «*» (Last 3 Digits), например 243* соответствует числу 243 000.

Координатная сетка в рассматриваемом случае показывается в том формате, какой задан в настройках программы в Alternate Grid (см. п. 3.5.10). Например, если выбрано UTM, то на карте будет нарисована сетка UTM и т. п.

Отображение сетки сильно зависит от масштаба карты: в действительности сетка нормально отображается только на картах 1:250 000 и ниже. Карты не могут пересекать границы зон, поскольку в этом случае будет отображаться только часть сетки; практически невозможно сделать сетку на карте, покрывающей весь континент или весь мир (это ограничение не касается только систем UK OSGB (BNG) или Irish Grid). К ограничениям относится также максимально возможное количество линий в одной сетке (до 200) и количество подписей (не более 50).

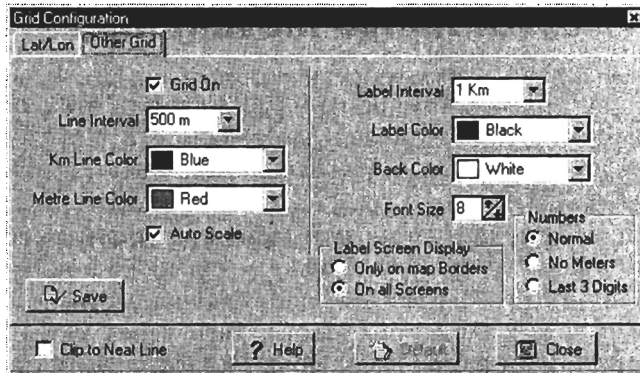


Рис. 3.33. Окно настройки других координатных сеток

3.8.5—3.8.10. Clear All Waypoints, Clear All Events, Clear Route Data from Map, Clear All Tracks from Map, Clear All Points from Map — команды удаления с карты и памяти всех путевых точек (Waypoints), событий (Events), маршрутов (Routes), треков (Tracks) и точек (Points).

3.8.11. Clear All of Above — команда удаления с карты и памяти всех объектов (путевых точек, событий, маршрутов, треков и точек). При выполнении команд по пп. 3.8.5—3.8.11 требуется подтверждение с предложением сохранения данных в файле.

3.8.12. Add or Drag Map Object — набор команд для добавления и перемещения (Drag Object) объектов карты (путевых точек, событий, маршрутов, треков и точек).

3.8.13. Find Maps — набор команд для поиска карт (см. раздел 3.1).

3.8.14. Save Map Position — фиксация текущей позиции карты для ее сохранения при следующей загрузке. Если в настройках (п. 3.5.10) включена опция Set Last Zoom and Position (последние увеличение и позиция), то команда Save Map Position не работает.

3.9. Меню Optios

Меню дополнительных опций в составе:

3.9.1. Name Search — поиск по названию объекта в базе данных (см. раздел 3.1); возможен для карт, у которых между восточными и западными угловыми маркерами больше 180 градусов.

3.9.2. Night Vision — преобразование всех цветов в красные, синие или серые тона для лучшего восприятия ночью.

3.9.3. Set Intensity — изменение интенсивности цветов для снижения яркости экрана в ночное время.

3.9.4. Area Calculation — вычисление площади полигона на карте.

3.9.5. Project New Waypoint — создание новой путевой точки (Waypoint) или точки трека от выбранной путевой точки или точки трека на заданном расстоянии и в заданном направлении (основное отличие от рассмотренного в раздел 3.2 способа создания Waypoint).

3.10. Меню Moving Map

Меню навигации в реальном времени при наличии откалиброванной карты и GPS-приемника с выходом данных в формате NMEA-0183 \$GPRMC (предпочтительно), \$GPGGA и \$GPVTG или \$GPGLL и \$GPVTG (см. разделы 2.3 и 2.5). Режим навигации в реальном времени позволяет:

- автоматически изменять карту при выходе позиции за ее границы (границы карты задаются при калибровке — см. п. 3.5.5 (Check Calibration of Map));
- осуществлять поиск более подробных карт через заданный интервал и загружать, если на них попадают новые координаты и они доступны;
- отображать трек на экране и записывать его в файл;
- предупреждать звуком и символами при приближении к путевой точке или при входе в опасную зону (Опасные зоны);
- выполнять навигацию вдоль маршрута или к указанной путевой точке.

Меню содержит следующие команды:

3.10.1. Moving Map Control (Ctrl + M) — вызов окна управления навигацией в реальном времени и в режиме NMEA-эмуляции (рис. 3.35).

3.10.2. Show GPS Fix Data (Ctrl + F) — вызов окна с параметрами GPS-сигнала, допускающими фиксацию местоположения. Окно содержит следующие строки, заполняемые программой только при наличии факта фиксации:

Fix Quality: GPS fix — подтверждение факта фиксации.

Number Satellites: 5 — число спутников, сигналы которых использованы для расчета местоположения (числовые данные получены с приемником HI-204S (см. раздел 2.5), вынесенным на штанге длиной 1 м из окна квартиры на 2-м этаже при близко расположенных (около 2 м от стены) деревьях).

HDOP: 2,8 — геометрический фактор снижения точности, обусловленный расположением спутников (см. раздел 2.1).

DGPS Last Update: 0, DGPS Station: 0000 — последнее обновление данных со станции дифференциальных поправок и ее номер (см. раздел 2.2).

3.10.3. Start NMEA Communication with the GPS (Ctrl + S) — подключение GPS-приемника; команда может быть выполнена также нажатием кнопки Start в окне Moving map Control (рис. 3.35). Если приемник работает и правильно настроен интерфейс связи с компьютером (см. п. 3.5.10 и раздел 2.5), то на карте появится курсор навигатора (по умолчанию — в виде стрелки), а в нижней строке состояния слева — сообщение Moving Map is ON с двумя мигающими точками-лампочками слева и символом справа, что указывает на процесс приема данных. Левая точка мигает голубым и белым цветом, если принимаются данные в формате NMEA; правая точка мигает зеленым и белым цветом, если данные обрабатываются и красным, если эти данные некорректны (недостаточное количество спутников с требуемым HDOP и отношением сигнал/шум — см. раздел 2.1). В нижней строке состояния отображаются также следующие данные (слева—направо):

<nmea> — если данные принимаются в любом формате протокола NMEA;

<gprmc> — если данные принимаются в формате \$GPRMC протокола NMEA;

<no fix> — если качество данных неудовлетворительно (плохой HDOP или низкое отношение сигнал/шум) для 2D- или 3D-фиксации местоположения;

<pvt> — если используется PVT-протокол (для Garmin-приемников); текущие значения координат, определяемые GPS-приемником, и время включения рассматриваемой команды (в выключенном состоянии здесь индицируется допустимое количество событий и путевых точек (по умолчанию 0...500)).

3.10.4. Stop NMEA Communication with the GPS (Ctrl + E) — отключение GPS-приемника.

3.10.5. Ignore NMEA Valid Data Flag — опция для игнорирования флага ошибки Invalid Data в режиме эмуляции для GPS-приемников Lowrance, Eagles и др. (см. п. 3.7.13). При нормальной работе GPS-приемника эту опцию рекомендуется отключать.

3.10.6. Show NMEA Input & Output — вызов окна для просмотра данных в формате NMEA, принимаемых программой (примеры см. в разделе 2.3) и посылаемых ею в режиме автопилота.

3.10.7. NMEA Simulator (Alt + S) — эмуляция приема данных в формате \$GPRMC NMEA. При выполнении команды вызывается одноименное окно, которое с фрагментом карты показано на рис. 3.34, где большая стрелка — это курсор эмулятора, его направление (азимут True $\equiv 270^\circ$) задается левыми кнопками -10, -, +, +10, что соответствует шагу -10, -1, +1 и +10° при каждом нажатии. Скорость движения (Speed $\equiv 60$) задается правыми кнопками с шагом -20, -1, +1, +20 км/час. Для выбора начальной (стартовой) точки движения в окне NMEA Simulator нажимается кнопка Here, курсор с подписью Start Here переносится на карту и нажимается левая кнопка мыши, после чего раздается звуковой сигнал и курсор примет обычный вид.

Дальнейшие действия выполняются с помощью окна управления навигацией в реальном времени (рис. 3.35), вызываемого командой Moving Map

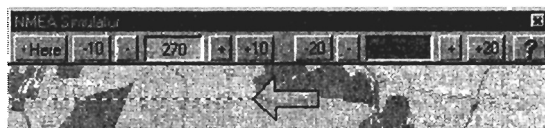


Рис. 3.34. Окно настроек эмуляции

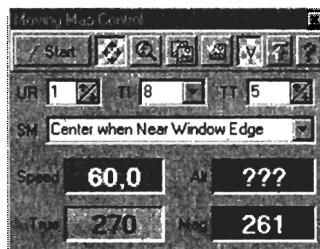



Рис. 3.35. Окно управления навигацией в реальном времени

Control (Ctrl + M) (п. 3.10.1). В этом окне кнопками и в строках UR, T1, TT задается режим движения курсора навигатора-эмулятора, в строке SM — вид относительного движения: при неподвижной карте или неподвижном курсоре (и подвижной карте). После запуска кнопкой Start процесса эмуляции в окне индицируются установленные в окне NMEA Simulator скорость (Speed) и азимут (True), а также высота Alt (в данном случае не определена) и магнитный азимут Mag.

3.10.8. Log Track to Memory/Map — опция автоматического присоединения текущего трека в Track 1 с отображением его на карте при включенной кнопке  (Show/Hide Track Plot) инструментальной панели (текущий трек всегда продолжает Track 1 и после включения навигации в реальном времени добавляется к существующему треку). Интервал накопления (за счет присоединения) треков в оперативной памяти выбирается на закладке Moving map (п. 3.5.10); при его нулевом значении процесс накопления точек трека выключается.

3.10.9. Log Track to File — опция автоматического присоединения трека к файлу с именем mmTrack.plt по умолчанию.


3.10.10. Change Track Log File — ввод имени файла для автоматического сохранения трека.

3.10.11. Clear Track Log File — удаление файла с треком, указанного в п. 3.10.10. Однако он будет автоматически создан снова при следующем включении режима навигации в реальном времени. Если рассматриваемая опция включена постоянно, то файл будет увеличиваться в размерах и его необходимо время от времени удалять.

3.10.12. Automatically Scroll Map — включение/выключение автоматического сдвига карты, при котором местоположение всегда отображается в видимой части карты.

3.10.13. Range Rings Setup — вызов окна установки параметров зоны приближения (см. раздел 3.2).

3.10.14. Set Waypoint at Position — установка путевой точки в текущей позиции.

3.10.15. Attach Cursor Line to Position — команда отображения линии от курсора к точке текущего местоположения, если нажата кнопка  (Show Line from Position to Cursor) на инструментальной панели.

3.10.16. Show Regional Map Window — команда для загрузки в отдельное окно региональной карты (крупномасштабной части основной карты), если такая имеется. Окно региональной карты используется при навигации в реальном времени; если этот режим выключен, то показывается центральная часть основной карты. Движение курсора по региональной карте можно отключить с помощью команды Track Main Map в меню, вызываемом правым щелчком мыши в ее окне.

При навигации в реальном времени для автоматического включения этого режима при запуске OziExplorer можно использовать следующие параметры командной строки:

/mmstart — включить навигацию в реальном времени;

/mmcontrol — вызвать окно управления навигацией в реальном времени (рис. 3.35);

/navcontrol — вызвать окно управления навигацией Navigation Control (см. раздел 3.11);

/gpsfix — показать получаемые из GPS-приемника данные.

Примеры командной строки:

```
oziexp.exe /mmstart /mmcontrol /navcontrol /gpsfix
```

```
oziexp.exe /mmstart
```


```
oziexp.exe c:\oziexplorer\maps\mymap.map /mmstart /mmcontrol.
```


В последнем примере имеется также указание на загрузку карты mymap.map.

3.11. Меню Navigation

Меню предназначено для организации навигации в реальном времени вдоль маршрута или к заданной путевой точке; меню содержит следующие пункты:

3.11.1. Navigation Control (Ctrl + N) — вызов окна управления навигацией (рис. 3.36), в котором выбираются следующие режимы:

 (Navigate Along a Route) — навигация вдоль маршрута. При этом из стандартного окна загружается требуемый маршрут (раздел 3.2), первая путевая точка которого должна совпадать с местоположением (координатами) объекта, на котором установлен приемник. Если нужно начать навигацию не с первой маршрутной точки, то в окне Moving Map Control (п. 3.10.1, рис. 3.35) нажимается кнопка Show Details of Active Route (Показать подробности активного маршрута) и после выбора нужной точки нажимается кнопка Navigate To.

 (Navigate to a Waypoint) — навигация к заданной путевой точке. При этом в одноименном окне выбирается заранее созданная на карте точка и выбор подтверждается нажатием кнопки Set. После выполнения этой и предыдущей команд производится включение навигации командой Start NMEA

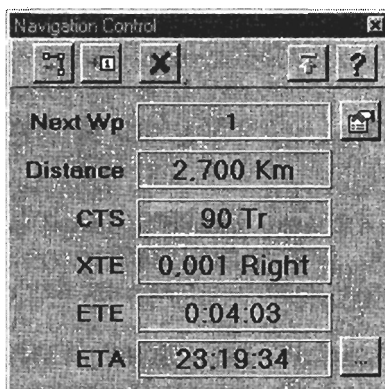


Рис. 3.36. Окно управления навигацией

Communication with the GPS (Ctrl + S) (п. 3.10.3) или кнопкой Start в окне Moving Map Control (Ctrl + M) (п. 3.10.1, рис. 3.35).

X (Cancel Navigation) — выключение навигации, удаление с экрана всех навигационных знаков и сброс всех параметров.

Для моделирования процесса навигации выберем режим Navigate to a Waypoint. Для этого предварительно создадим путевую точку 1 (рис. 3.37), затем командой Moving Map/NMEA Simulator (Alt + S) (раздел 3.10) вызовем окно настроек эмуляции и выберем указанные на рис. 3.37 параметры, после чего кнопкой Here выберем точку старта на одинаковом с путевой точкой 1 уровне (это соответствует азимуту 90°) и кнопкой Start в окне Moving Map Control (Ctrl + M) (п. 3.10.1, рис. 3.35) запустим процесс эмуляции. При этом в окне Navigation Control (рис. 3.36) появятся следующие данные:

Next Wp ≡ 1 — имя путевой точки назначения.

Distnce ≡ 2.700 Km — текущее расстояние до путевой точки.

CTS ≡ 90 Tr — азимут 90°.

XTE ≡ 0.001 Right — отклонение от маршрута вправо на 0,001 м.

ETE ≡ 0:04:03 — время в пути.

ETA ≡ 23:19:34 — текущее время.

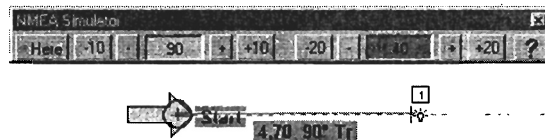


Рис. 3.37. Окно настроек эмуляции в режиме Navigation

3.11.2. Navigate To — навигация к заданной путевой точке (см. п. 3.11.1).

3.11.3. Cancel Navigation — выключение навигации и др. (см. п. 3.11.1).

3.11.4. View Waypoint Proximity Zones — опция отображения зоны приближения к путевым точкам; работает только при ее включенном состоянии (см. п. 3.10.13 и раздел 3.2). Если зона приближения точки пересекается с зоной приближения точки в Garmin GPS-приемнике, то такая точка не может быть загружена.

3.12. Меню GPS — NMEA Only

Это меню формируется только для GPS-приемников, которых нет в списке поддерживаемых (см. п. 3.5.10); для поддерживаемых программой приемников меню приобретает его название (Garmin, Eagle и т. п.). В меню доступны две команды:

3.12.1. Send Waypoints to GPS Using \$GPWPL NMEA Sentence — загрузка путевых точек (Waypoints) в GPS-приемник, поддерживающий передачу данных в формате \$GPWPL NMEA.

3.12.2. Get Waypoints from GPS Using \$GPWPL NMEA Sentence — загрузка путевых точек в OziExplorer из GPS-приемника, поддерживающего \$GPWPL NMEA.

Если GPS-приемник не поддерживает формат \$GPWPL NMEA, то его можно использовать только в режиме навигации по данным, сформированным OziExplorer или другой навигационной программой. При этом приемник должен поддерживать форматы \$GPRMC, \$GPGGA и \$GPVTG или \$GPGLL и \$GPVTG NMEA.

3.13. Калибровка карт для RealMaps (КПК Psion)

Большинство карманных персональных компьютеров (КПК) компании Psion (Великобритания) являются клавиатурными. В частности, к таким КПК относится Series 5mx, обладающий не только функциями мощного органайзера, но и обеспечивающий работу с офисными приложениями, электронной почтой и Интернетом как по проводной линии, так и через сотовый телефон.

Он имеет разъем для карты стандарта CompactFlash, сенсорный дисплей с полной шириной экрана VGA и подсветкой, ноутбучную клавиатуру с большим вертикальным ходом клавиш, микрофон для цифровой записи звука, порт RS232 для связи с ПК, модемами, мобильными телефонами и принтерами (скорость до 115 кбит/с), последовательный IrDA (инфракрасный) порт.

В нем используется 32-разрядный RISC-процессор ARM710T с тактовой частотой 36 МГц, 32-разрядная многозадачная операционная система EPOC R5, отличающаяся компактностью кода и высокой надежностью в работе. Питание КПК производится от 2 батареек AA (около 1 месяца работы) с резервной литиевой батареей или от сетевого адаптера (6 В, 1 А).

Из навигационных программ, разработанных для КПК Psion, наиболее известными являются RoutePlanner компании Palmtop, PsiMapper и RealMaps (см. материалы сайта mypsion.ru). Первые две программы предназначены для работы с векторными картами, третья, ставшая с апреля 2005 года бесплатной, — с растровыми. Несмотря на преимущества векторных карт, их создание связано с огромной трудоемкостью и сравнительно сложной технологией. Поэтому пользовательская ценность первых двух программ лежит в пределах Западной Европы, для которой созданы такие карты.

Поскольку наиболее положительным моментом растровых карт является простота их создания, доступная обычному пользователю, то в таком случае преимущества программы RealMaps очевидны.

Далее речь пойдет о калибровке (привязке) карт в программе RealMaps с использованием недорогих GPS-приемников HI-204E и HI-204S компании HAIKOM (Тайвань), характеристики которых рассмотрены в разделе 2.5. Ее дистрибьютор в России — компания Вобис (www.vobis.ru) — включает в поставку компакт-диск с демоверсией OziExplorer и набором растровых карт Москвы, Подмосковья и ряда областей европейской части РФ компании

КИБЕРСО (общим объемом около 500 Мбайт). Эти карты или их нужную часть можно перенести в RealMaps следующим образом:

1. Загружаем в ПК OziExplorer и в меню File/Configuration/Maps выбираем:

Country or Region (Страна или регион) — North & East (северо-запад); Lat/Long Display (Единицы измерения широты и долготы) — Deg, Min, Sec; Blank Map Datum (система географических координат) — WGS-84 (международная 1984 г.). При такой настройке координаты точки в OziExplorer будут выглядеть следующим образом: 55°21r20.5"N (северная широта) и 36°14r 54.6"E (восточная долгота), т. е. символом «r» здесь обозначаются минуты.

2. Загружаем в КПК Psion программу RealMaps (код регистрации — freeware) и в меню Options/Units/Degree Format выбираем формат координат в виде 0e0'0.0", где символ «e» обозначает градусы и набирается клавишей E (латинской) при нажатой Fn.

3. Загружаем в OziExplorer интересующую нас карту. При необходимости вырезаем из этой карты ее часть с использованием какой-либо программы копирования экрана (в нашем случае использовался Prtscr95). При этом левый верхний и правый нижний угол выделения (для вырезки) целесообразно выбирать в характерной точке (например, пересечение меридиана и параллели, середина буквы П в Протвино и т. п.).

4. Фиксируем с помощью OziExplorer координаты углов карты и дополнительно еще 4—6 характерных точек для более точной привязки карты в RealMaps.

5. С помощью программы XnView преобразуем изображение карты в серое (меню Рисунок/Преобразовать в серое/4 оттенка серого), при необходимости «осветляем» (меню Рисунок/Регулировка/Яркость/Контраст/Гамма/Баланс) и сохраняем в форматах .mbm и .jpg.

6. Если RealMaps не воспринимает полученное в п. 4 изображение в формате .mbm (именно это наблюдалось в случае использования XnView версии 1.74), то придется на Psion использовать программу Imaging 1.0 Symbian ER5, позволяющую преобразовать jpg-формат в родной .mbm.

7. Загружаем полученное изображение карты в Psion в папку Documents\Maps, которая создается при инсталляции RealMaps.

8. В загруженном в RealMaps изображении карты курсор ставим в ее левый верхний угол и командой Current/Define Reference Point вызываем диалоговое окно, в котором вводится значение широты (Latitude) в формате 0e0'0.0" N и долготы (Longitude) в формате 0e0'0.0"E (выбранная область карты (North West — северо-запад) устанавливается автоматически). После нажатия кнопки ОК вызывается окно Confirmation (Подтверждение) о согласии на введение в карту координат (в RealMaps сведения о калибровке карты вводятся непосредственно в ее файл).

9. Повторяем п. 8 для правого нижнего угла (South East — юго-восток). После подтверждения ввода в окне Confirmation может появиться сообщение об ошибке, окно которой исчезает после нескольких нажатий в нем на кнопку ОК. На этом этап грубой калибровки заканчивается. Если после него положение курсора не индицируется в угловых единицах, то это указывает на ошибки в файле изображения карты. В этом случае можно воспользоваться

ключения источника питания. Поскольку разъем для COM-порта является «мамой», то для подключения Psion требуется дополнительный переходник «папа-папа», что заметно усложняет кабельное хозяйство, особенно неудобное в случае автономного использования приемника. Поэтому в рассматриваемом устройстве использованы разъемы PS/2 («мама») и 9-штырьковый D «папа». При этом PS/2 используется для подачи питания (контакты 1PS<2PS<), для выхода (6PS<) и входа (3PS<) GPS-приемника.

3.14. ИНГИТ MapGPS

Полностью русскоязычная программа; предназначена для использования на компьютерах с операционной системой WINDOWS 95/98/ME/NT/2000/XP (для Windows NT/2000/XP дополнительно поставляется драйвер HASP). Программа позволяет производить:

- просмотр карт с возможностью установки произвольного масштаба отображения;
- измерения расстояний по произвольному маршруту;
- поиск населенных пунктов по встроенным в карты справочникам;
- прокладку маршрутов транспортных средств (автомобилей, поездов и др. (в зависимости от типа карты)) с учетом систем регулирования движения, приоритетов дорог и с автоматическим расчетом длины маршрутов, средней скорости и времени;
- автоматическую прокладку маршрутов и вождение по ним в указанный пункт назначения;
- отслеживание маршрутов на картах ИНГИТ с автоматической их сменой в соответствии с перемещениями объекта;
- извлечение из приемника GPS и копирование на диск компьютера пройденных маршрутов, представление их на картах в различных стилях, выделение нужных частей и сохранение в архивах для последующего использования;
- запись в память приемника архивных маршрутов или их частей;
- извлечение из GPS-приемника, создание и редактирование путевых точек и маршрутов и запись их в GPS-приемник с возможностью присвоения точкам свойств, поддерживаемых конкретными моделями GPS-приемников;
- печать карт и фрагментов с подготовленными маршрутами.

Из приведенного перечня видно, что по своим возможностям программа приближается к OziExplorer. Недостатком программы является ее «закрытость»: она работает только с картами компании ИНГИТ и не поддерживает перенос карт в GPS-приемники или их картриджи, а также на КПК.

Окно программы (рис. 3.39) содержит систему меню, инструментальную панель, строку состояния в нижней части экрана для индикации координат курсора и рабочее поле с картой, на которой курсор навигатора изображается красным кружком (в данном случае на ул. Лестева г. Москвы). GPS-панель,

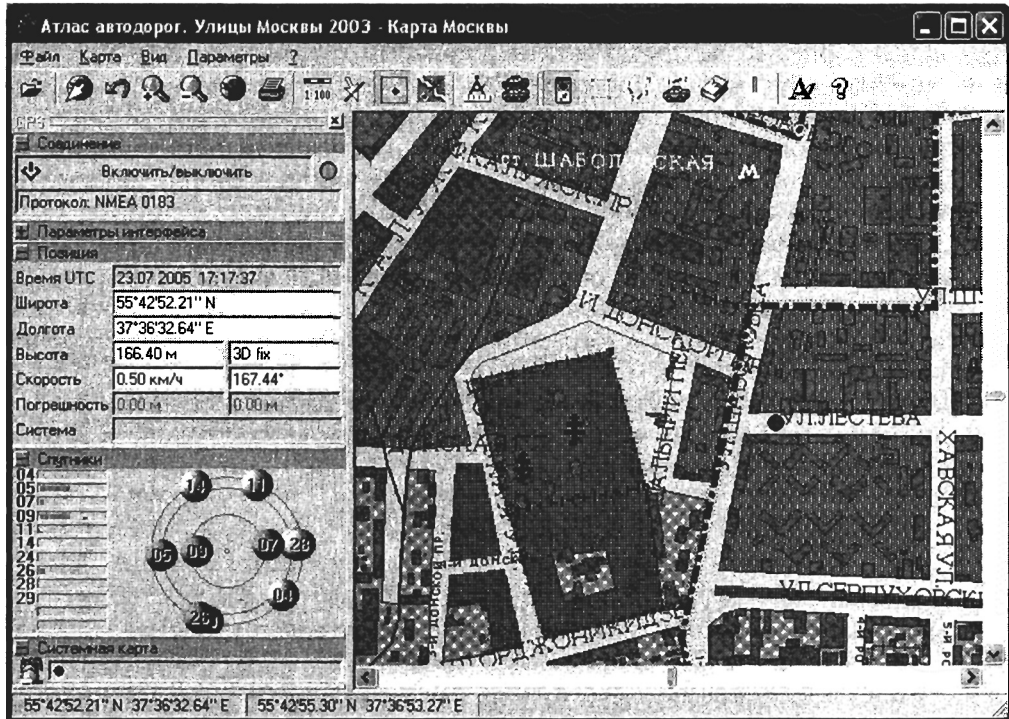


Рис. 3.39. Окно программы ИНГИТ MapGPS

расположенная в левой части окна, может отключаться одноименной командой меню «Вид» или кнопкой  инструментальной панели; она позволяет:

- подключить GPS-приемник кнопкой «Включить/выключить»; включенное состояние индицируется зеленым «светодиодом» справа (мигающий желтый свет индикатора означает попытку установить соединение с GPS-приемником);
- выбрать параметры интерфейса в одноименном поле кнопкой + (номер COM-порта, скорость передачи (для NMEA-0183 — 4800 бит/с), количество бит (8), проверка на четность, количество стоповых бит);
- кнопкой +/- в поле «Позиция» получить значения даты, Гринвичского времени, координат, скорости движения, направления, вид фиксации местоположения (2D/3D), погрешности определения горизонтальных координат и высоты над уровнем моря или получить изображение планисферы;
- кнопкой +/- в поле «Спутники» получить изображение планисферы или изображение системной карты (контурной карты мира);
- кнопкой +/- в поле «Системная карта» включить/выключить отображение системной карты.

Информация планисферы представлена в виде полусферы, в центре которой расположен GPS-приемник; внешняя окружность соответствует линии горизонта; первая внутренняя окружность — высоте 30 градусов над горизон-

том, а вторая — 60 градусов. Спутники, орбиты которых в данный момент вошли над горизонтом, представлены шариками с номерами, соответствующими номерам спутников в системе GPS.

Окраска бледно-серым цветом означает, что, в соответствии с принятым альманахом, спутник вошел над горизонтом, но сигнал от него не принимается. Окраска желтым цветом означает, что прием сигнала от спутника производится, но в определении координат местоположения он не участвует. Окраска зеленым цветом не менее чем трех спутников означает, что принятые от них данные используются для определения координат местоположения. Для желтых и зеленых спутников слева выводятся окрашенные соответственно в желтый или зеленый цвет гистограммы принимаемых от спутников уровней сигналов.

Следы перемещений спутников в пределах полусферы изображаются тонкими линиями, по которым можно судить о том, какие из спутников всходят, а какие опускаются за горизонт.

Приложение.

Список терминов и сокращений

2D Mode — двумерный режим, при котором навигатор принимает сигналы не менее чем от трех спутников, при этом определяются только горизонтальные координаты (широта и долгота).

3D Mode — трехмерный режим, при котором навигатор принимает сигналы не менее чем от четырех спутников, при этом определяются не только горизонтальные координаты, но и высота над уровнем моря.

АЕ (Antenna Electronics) — встроенная антенна.

ААИМ (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring) — бортовая автономная система контроля целостности, выявляющая неработоспособные навигационные спутники.

ААС (Absence of Solar Orientation) — потеря ориентации на Солнце.

АС (Alternating Current) — переменный ток.

АСР (Active Control Point) — активная точка контроля.

АКСМ (American Congress on Surveying and Mapping) — Американский конгресс по геодезии и картографии.

АСТС (Advance Communications Technology Systems) — усовершенствованные системы коммуникационных технологий.

Accuracy — точность: степень соответствия данных, определяемых GPS-приемником, его реальному местоположению (а также времени и/или скорости).

Acquisition time — время инициализации: период времени, необходимый GPS-приемнику для приема сигналов по крайней мере от трех спутников и осуществления двумерной привязки к местности.

Active leg — активный участок маршрута: сегмент маршрута, по которому происходит движение в настоящий момент.

Almanac data — альманах: информация, поступающая от каждого спутника и от всего созвездия в целом; позволяет GPS-приемнику быстро найти и принять сигналы спутников, не прибегая к холодному старту.

ADF (Automatic Direction Finder) — автоматический поиск направления.

ADR (Accumulated Delta Range) — накопитель дельта-приращений.

ADS (Automatic Dependent Surveillance) — автоматическое определение положения объекта на основании данных навигационных систем.

АЕЕС (Airlines Electronic Engineering Committee) — электронный технический комитет авиалиний.

АФВ (Air Force Base) — база ВВС США.

- AFC** (Automatic Frequency Control) — автоматический контроль частоты.
- AFI** (Automatic Fault Indication) — автоматически формируемый признак ошибки.
- AFLC** (Air Force Logistics Command) — команда логистики ВВС.
- AFMC** (Air Force Materiel Command) — команда материальной части ВВС.
- AFS** (Air Force Station) — станция ВВС.
- AFSC** (Air Force Systems Command) — системная команда ВВС.
- AFSPC** (Air Force Space Command) — команда ВВС о местоположении.
- AFSCN** (Air Force Satellite Control Network) — спутник ВВС для управления сетью.
- AGC** (Automatic Gain Control) — автоматическое управление усилением.
- AGD** (Australian Geodetic Datum) — австралийская система геодезических координат.
- AGU** (American Geophysical Union) — американский геофизический союз.
- AI** (Availability Indicator) — индикатор доступности.
- AIC** (Aeronautical Information Circular) — аэронавигационный информационный циркуляр.
- AIMS** (Airspace Traffic Control Radar) — радар управления потоками воздушного транспорта.
- AIP** (Aeronautical Information Publication) — сборник аэронавигационной информации.
- AIS** (Aeronautical Information Service) — аэронавигационная информационная служба.
- A/J** (Anti-Jamming) — устранение преднамеренных помех.
- AL** (Alarm Limit) — лимит времени.
- Alert limit** — аварийный предел целостности навигационного поля спутников, используемых при недопустимо низком значении маски возвышения (см. раздел 2.1).
- AM** (Amplitude Modulation) — амплитудная модуляция.
- AMCP** (Aeronautical Mobile Communications Panel) — аэронавигационная мобильная коммуникационная группа.
- AMSA** (Australian Maritime Safety Authority) — австралийская морская система безопасности.
- AMS(R)S** (Aeronautical Mobile-Satellite (Route) Service) — авиационная подвижная спутниковая (маршрутная) служба.
- AMSS** (Aeronautical Mobile-Satellite Service) — авиационная подвижная спутниковая служба.
- ANC** (Air Navigation Commission) — аэронавигационная комиссия (АНК).
- ANSI** (American National Standards Institute) — Американский национальный институт стандартов.
- Anywhere fix** — способность приемника начать вычисления положения с использованием предыдущих данных.
- AODO** (Age of Data Offset) — возраст погашения данных (отказ от использования устаревших данных).

AOPA (Airplane Owners and Pilot) — ассоциация летчиков и владельцев аэропланов.

AOR-E/W (Atlantic Ocean Region East/West) — спутниковая система Инмарсат, обслуживающая регион Атлантического океана (восток-запад).

APANPIRG (Asia/Pacific Air Navigation Planning and Implementation Regional Group) — азиатско-тихоокеанское воздушное навигационное планирование и региональная группа контроля выполнения.

APL (Applied Physics Laboratory) — прикладная физическая лаборатория (США).

ARINC (Aeronautical Radio, Inc.) — компания федерации навигационного оборудования.

ARSR (Air Route Surveillance Radar) — радар наблюдения за маршрутами воздушного транспорта.

ARTS (Automated Remote Tracking Stations) — автоматизированные станции дальнего слежения.

A-S (Anti-Spoofing) — режим криптозащиты высокоточного Р-кода навигационного GPS-сигнала.

ASD (Aeronautical Satellite Division) — орбитальная группировка аэронавигационных спутников.

ASDE (Airport Surface Detection Equipment) — оборудование обнаружения местоположения аэропорта.

ASECNA (Agency for the Security of Aerial Navigation in Africa and Madagascar) — агентство по обеспечению безопасности аэронавигации в Африке и на Мадагаскаре (АСЕКНА).

ASS (Orientation and Stabilization System) — система ориентации и стабилизации.

AST (Apparent Sidereal Time) — (кажущееся) сидерическое время.

AST1 (Apparent Sidereal Time corrected for polar motion) — (кажущееся) сидерическое время, исправленное для полярного движения.

ATA (Air Transport Association) — ассоциация воздушного транспорта.

AT/AF (Air Traffic/Airway Facilities) — воздушное движение/средства обслуживания воздушной трассы; руководство содержит правила использования при навигации GPS-оборудования, утвержденные управлением воздушного движения АТС (Air Traffic Control).

ATE (Automatic Test Equipment) — автоматическое испытательное оборудование.

ATCC (ATC Center) — центр управления воздушным движением.

ATIS — служба автоматической передачи информации в районе аэродрома.

ATM (Air Traffic Management) — организация воздушного движения.

ATN (Aeronautical Telecommunication Network) — сеть авиационной электросвязи.

ATNP (ATN Panel) — группа экспертов по АТН.

ATS (Air Traffic Service) — обслуживание воздушного движения.

AUSLIG (Australian Land Information Group) — австралийская группа информации о Земле.

Availability — доступность; гарантия, что государственная служба GPS является доступной в любое время.

AVI (Automatic Vehicle Identification) — автоматическая идентификация транспортного средства.

AVLS (Automatic Vehicle Location System) или **APRS** (Automatic Position Reporting System) — автоматическая система определения местоположения транспортного средства.

AVM/AVI (Automatic Vehicle Monitoring and Identification) — мониторинг и идентификация транспортных средств.

AWGN (Additive White Gaussian Noise) — аддитивный канал с гауссовым шумом.

AWOP (All Weather Operations Panel) — группа экспертов по всепогодным полетам.

Azimuth — азимут: горизонтальное направление от одной точки поверхности земли к другой, измеряемое в градусах (0...360) по окружности (см. раздел 1.5).

BCD (Binary Code Decimal) — двоично-десятичный код.

BIT (Built-In-Test) — данные, полученные в процессе испытаний.

bps (bit per second) — бит/сек.

BPSK (Binary Phase Shift Keying) — бинарная (на 180°) фазовая манипуляция; используется в СНС второго поколения.

BRG (Bearing) — азимут, пеленг: точное градусное значение компаса для направления от текущего местоположения до следующей путевой точки.

BW (Bandwidth) — полоса частот, занимаемая сигналом.

C2 (Command and Control) — команда и контроль.

CA (Control Action) — контрольные действия.

C/A code (Coarse Acquisition Code) — общедоступный дальномерный код системы GPS (см. раздел 2.3).

CADC (Central Air Data Computer) — центральный компьютер данных воздушного движения.

Channel — канал: применительно к GPS-приемнику каждый его канал (из 12) используется для приема сигнала с одного спутника.

CAS (Controlled Access Service) — обслуживание управляемого доступа.

CBS (Cost/Benefit Studies) — исследования класса цена/качество.

CCDS (Consultative Committee for Definition of Second) — консультативный комитет по определению секунды.

CCF (Central Control Facility) — центральное средство контроля.

CCIR — консультативный комитет по международной радиосвязи.

CCS (Command and Control System) — командная и система контроля.

CCTF (Consultative Committee for Time and Frequency) — консультативный комитет по времени и частоте (создан в 1956 г.).

CDI — индикатор отклонения от курса.

CDMA (Code Division Multiple Access) — система с кодовым разделением каналов.

CEP (Celestial Ephemeris Pole) — астрономический эфемеридный полюс.

CEP (Circular Error Probable) — круговая вероятная ошибка, определяемая радиусом круга, который содержит 50 % ошибок.

CGS (Civil GPS Service) — гражданская служба GPS.

CGSIC (Civil GPS Service Interface Committee) — интерфейсный комитет гражданской службы GPS.

CIM (Central Integrity Monitoring for GPS) — центральная станция мониторинга целостности спутников GPS.

CIS (Commonwealth of Independent States) — содружество независимых государств (СНГ).

Clearance — разрешение на полет.

Clock bias — различие между обозначенным временем часов данного устройства (например приемника) и истинным универсальным временем.

CMF (Control And Monitoring Functions) — функция контроля и мониторинга.

C/No (Carrier to Noise Ratio) — отношение мощности несущего колебания к мощности шума.

CNC (Centralized Navigation Control) — централизованный навигационный контроль.

CNI (Communication-Navigation-Identification) — коммуникация-навигация-идентификация.

CNS (Communication-Navigation-Surveillance) — связь-навигация-наблюдение.

Cold start — холодный старт: процесс первого запуска GPS-приемника, при котором он, не имея никакой информации о спутниках, вынужден искать их самостоятельно, что может составлять в некоторых случаях около 8 минут.

Co-ordinate — координаты: набор цифровых значений, определяющих местоположение на Земле или над ней.

Course — курс: прямое направление движения от одной точки к другой (измеряется в градусах и километрах).

CDI (Course Deviation Indicator) — индикатор отклонения от курса: система, определяющая и индицирующая направление и степень отклонения от курса.

Course to steer — курс следования: направление, которому необходимо следовать, чтобы достичь заданной путевой точки.

CPDLC — связь по линии передачи данных «диспетчер-пилот».

CPF (Central Processing Facility) — центральное средство обработки.

CRC (Cyclic Redundancy Check) — циклический проверочный (избыточный) код.

CRL (Communication Research Laboratory) — Научно-исследовательская лаборатория коммуникаций (Япония).

Crustal movement — движение земной коры.

Cs (Cesium) — элемент цезий.

CS (Control Segment) — сегмент контроля.

CSAO (Shaanxi Astronomical Observatory) — Шанхайская астрономическая обсерватория (Китай).

CSOC (Consolidated Space Operations Center) — объединенный космический Центр контроля (США, Колорадо).

CSTC (Consolidated Space Test Center) — объединенный космический Центр тестирования.

CSTG (Commission on International Coordination of Space Techniques for Geodesy and Geodynamics) — комиссия по международной координации космических методов в геодезии и геодинاميке.

CTP (Conventional Terrestrial Pole) — обычный земной полюс.

CUC (Civil Users Community) — сообщество гражданских потребителей.

CUE (Common User Element) — общий пользовательский элемент.

CV (Common-View method) — метод общего представления.

C&V (Correction and Verification) — коррекция и верификация.

CW (Continuous Wave) — аналоговый сигнал (непрерывная волна).

DAB (Data Analysis Branch) — ветвь анализа данных.

Data message — сообщения при передаче данных с GPS-приемника с использованием NMEA-протокола (см. раздел 2.3).

DAC (Digital to Analog Converter) — цифроаналоговый преобразователь.

Datum — система координат, соответствующая математической модели Земли, записанной в память прибора, по которому осуществляется навигация.

dB (decibel) — логарифмическая единица измерения усиления или ослабления сигнала.

DECT (Digital European Cordless Telecommunications) — европейские цифровые беспроводные телекоммуникации.

DFS (Deutsche Flugsicherung) — немецкая система воздушной безопасности.

DGPS (Differential GPS) — дифференциальный метод GPS, позволяющий свести к минимуму погрешность определения координат путем внесения поправок (см. раздел 2.2).

DH (Decision Height) — точность определения высоты.

D-Level (Depot Level) — уровень превышения (см. раздел 1.9.6).

DLM (Data Loader Receptable) — загрузчик принятых данных.

DLR (Data Loader Module) — модуль загрузчика данных.

DLS (Data Loader System) — загрузчик системных данных.

DLL (delay-lock-loop) — измерение псевдозадержки в приемнике.

DMA (Defence Mapping Agency) — агентство картографической защиты (США).

DME (Distance Measuring Equipment) — оборудование для измерения расстояния.

DME/P (Precision Distance Measuring Equipment) — оборудование для прецизионного измерения расстояния.

DMSP (Defence Meteorological Satellite Program) — программа защиты метеорологических спутников.

DN (Day Number) — число дней.

DNS (Decca Navigator System) — навигатор системы «Декка».

DOC (Depth of Coverage) — глубина охвата базовой станции (см. раздел 2.2).

DoD (Department of Defense) — Министерство обороны США.

DOP (Dilution of Precision) — фактор снижения точности (см. раздел 2.1).

Doppler-aiding — использование доплеровского смещения частоты для повышения точности определения координат.

Doppler shift — доплеровское смещение частоты, вызванное относительным движением передатчика и приемника.

DoT (Department of Transportation) — департамент транспорта (США).

DOY (Day of year) — день года.

DRMS (Distance Root Mean Square) — среднеквадратическое значение ошибки измерения расстояния.

DSB (The Pentagon's Defense Science Board) — управление защиты научных исследований Пентагона.

DSCS (Defence Satellite Communications System) — система защиты коммуникаций спутника.

DSI (Detailed Spectrum Investigation) — детальное исследование спектра.

DSP (Defence Support Program) — программа поддержки защиты.

DSTC (DoD Space Test Capability) — тестирование доступности (МО США).

DRS (Dead Reckoning System) — система точного расчета траектории.

DTK (Desired Track) — выбранный трек: курс (азимут) между точками старта и назначения.

DT&E (Development Test and Evaluation) — расширенные испытание и оценка.

DVB (Digital Video Broadcasting) — цифровое видео- и радиовещание.

EANPG (European Air Navigation Planning Group) — Европейская аэронавигационная группа планирования.

EAROM (Electrically Alterable Read-Only Memory) — электрически изменяемое постоянное запоминающее устройство.

EATCHIP (European ATC Harmonization and Integration Programme) — европейская гармонизация управления воздушным движением и программа интеграции.

EBU (European Broadcasting Union) — Европейский радиовещательный союз.

ЕС (European Commission) — Еврокомиссия.

ЕСАС (European Civil Aviation Conference) — европейская конференция гражданской авиации.

ECDIS (Electronic Chart Display Information System) — электронная информационная система показа диаграмм.

ЕСР (European Common Proposals) — Европейские общие предложения.

ECEF (Earth-Centered-Earth-Fixed) — восток-центр-восток-фиксация: фиксация координат местоположения при указанном положении спутников (см. раздел 2.1).

ЕСТРА (European Committee for Telecommunications Regulatory Affairs) — Европейский комитет по телекоммуникациям регулирующих органов.

EDM (Electronic Distance Measurement) — электронное измерение расстояния.

EEA (European Economic Area) — Европейское экономическое сообщество.

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) — электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство.

EET (East European Time) — среднеевропейское время.

EFIS (Electronic Flight Instrument System) — электронная система управления полетом.

EFTF (European Frequency and Time Forum) — Европейская глобальная навигационная оверлейная система, включающая глобальное позиционирование и навигационные новости (Global Positioning & Navigation News).

EINS (Electronic Integrated Navigation System) — электронные интегрированные навигационные системы (например, DGPS, — см. раздел 2.2).

Elevation — высота над уровнем моря (над геоидом).

Ellipsoid — эллипсоид; в геодезии под этим термином подразумевается геометрическая фигура, образованная из эллипса, развернутого по малой оси. Эллипсоид определяет два характерных признака: длина большой полуоси и сплюснутость $f = (a - b)/a$, где a , b — длина малой и большой полуоси (см. раздел 1.1).

EM (Electro Magnetic) — электромагнитный.

EMC (Electromagnetic Compatibility) — электромагнитная совместимость; служит для оценки взаимного влияния различного электро- и радиоборудования.

EMCON (Emission Control) — контроль эмиссии.

EME (Externally Mounted Equipment) — внешне установленное оборудование.

en-route — полет по маршруту.

EOARD (European Office of Aerospace Research and Development) — европейский офис по аэрокосмическим исследованиям и разработкам ВВС США (Лондон).

EOW (End Of Week) — конец недели.

Eq.E (Equation of equinox) — уравнение равноденствия.

ERD (Estimated Range Deviation) — оценка отклонения величины от заданного диапазона.

ERMES (European Radio Messaging System) — европейская радиопередающая система.

ESA (European Space Agency) — Европейское агентство космических исследований.

ESGN (Electrically Suspended Gyro Navigator) — навигатор с электрически отключаемым гироскопом.

ESNP (European Satellite Navigation Programme) — европейская спутниковая навигационная программа.

EST (East Standard Time) — восточное поясное время.

Ephemeris — эфемериды: таблица точных координат нахождения небесных тел как функция времени.

EPE (Estimated Position Error) — оценка ошибки местоопределения: погрешность определения собственных координат в метрах или футах, основанная на ряде факторов, таких как DOP, и качестве сигналов спутников.

ETE (Estimated Time Enroute) — оценка времени в пути: примерное время достижения путевой точки от места текущего местоположения. Расчет проводится на основе скорости и расстояния.

ETA (Estimated Time of Arrival) — оценка времени прибытия: приблизительное время в часах и минутах достижения путевой точки.

Event Marker/icon — символ путевой точки; отображается на экране и сохраняется в памяти прибора; служит для обозначения информации о путевой точке (пункт питания, заправка, источник воды, интересная достопримечательность и т. д.).

ETG (European Tripartite Group) — Европейская трехсторонняя группа (CEU+EUROCONTROL+ESA).

ETRF (European Terrestrial Reference Frame) — Европейская земная структура привязки.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) — Европейский институт телекоммуникационных стандартов.

EU (European Union) — Европейский союз.

EUGIN (European Union Group of Institutes of Navigation) — Европейский союз группы институтов по навигации.

EUMETSAT (European Meteorological Satellite) — Европейские метеорологические спутники.

EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment) — европейская организация по оборудованию гражданской авиации.

EUROCONTROL — Европейская организация по безопасности воздушной навигации.

EUT (Equipment Under Test) — оборудование для испытаний.

EVS (Enhanced Vision System) — расширенная система видения.

FAA (Federal Aviation Administration) — Федеральная авиационная администрация (США).

FAAR (Federal Aviation Authority of Russia) — Федеральная авиационная администрация России (ФАС).

FAATC (FAA Technical Center) — технический центр Федеральной авиационной администрации США (Atlantic City).

FANS (Phase II) — специальный комитет по планированию, контролю и координации перспективных разработок по аэронавигации.

FBN (Federal Base Network) — базовая федеральная сеть.

FBSR (FeedBack Shift Register) — сдвиговый регистр с обратными связями.

FCC (Federal Communications Commission) — Федеральная комиссия по коммуникациям.

FDE (Fault Detection and Exclusion) — обнаружение и исключение ошибок.

FDI (Fault Detection and Isolation) — обнаружение и компенсация ошибок.

FDMA (Frequency Division Multiple Access) — многоканальный доступ с частотным разделением.

FGCS (Federal Geodetic Control Subcommittee) — подкомитет федерального геодезического контроля.

FIR (Flight Information Regions) — район полетной информации (РПИ)

FLL (Frequency-Lock-Loop) — автоматическое переключение частоты.

FLTSATCOM (Fleet Satellite Communications System) — быстродействующая система спутниковой коммуникации.

FM (Frequency Modulation) — частотная модуляция.

FMS (Flight Management System) — система управления полетом.

FOC (Full Operational Capability) — полная операционная совместимость.

FPAP (Flight Path Alignment Point) — пункт выравнивания курса полета.

Frequency band — полоса частот.

Frequency spectrum — спектр частот.

FRA (Federal Railroad Administration) — Федеральная администрация железных дорог США.

FRP (Federal Radionavigation Plan) — федеральный план навигации.

FTE (Flight Technical Error) — полетная техническая ошибка.

FTP (Fictitious Threshold Point) — фиктивная пороговая точка.

GaAs (Gallium Arsenide) — галлий-арсенидный полупроводник.

GAIT (Ground-based Augmentation and Integrity Test) — наземное улучшение и испытание целостности навигационного поля.

GARP (GBAS Azimuth Reference Point) — контрольная точка азимута.

GBAS (Ground-Based Augmentation System) — наземная система усовершенствования СНС.

GCN (Ground Communication Network) — базовая коммуникационная сеть.

GCS (Ground Control Segment) — базовый сегмент контроля.

GDOP (Geometric Dilution of Precision) — геометрический фактор снижения точности, определяемый взаимным расположением спутников (см. раздел 2.2).

GEO (Geostationary Earth Orbit) — геостационарная восточная орбита.

Geodetic datum — геодезическая модель: математическая модель геоида, в которой за основу принят эллипсоид и погрешности между эллипсоидом и точкой его привязки к реальной географической точке.

Geoid — геоид: особая эквипотенциальная поверхность, соответствующая общей форме поверхности Земли. Касательная к поверхности геоида всегда перпендикулярна направлению гравитации (см. раздел 1.1).

GERP (GBAS Elevation Reference Point) — контрольная точка возвышения (см. раздел 1.9.6).

GES (Ground-based Earth Station) — восточная базовая станция.

GIC (GNSS Integrity Channel, Geostationary Integrity Channel) — канал обеспечения целостности, геостационарный канал целостности.

GIS (Geographic Information System) — географическая информационная система.

GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) — глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) (Россия).

GMST (Greenwich Mean Sidereal Time) — среднегринвичское время.

GMT (Greenwich Mean Time) — время по Гринвичу: стандарт времени по нулевому меридиану; используется на всех спутниках системы GPS.

GNE (Great Navigation Error) — большая навигационная ошибка.

GNSS (Global Navigation Satellite System) — глобальная спутниковая навигационная система (ICAO).

GNSS-2 (Global Navigation Satellite Service of second generation) — глобальная спутниковая навигационная система второго поколения.

GOSNIAS (Russian State Research Institute of Aviation System) — Российский государственный научно-исследовательский институт авиационных систем.

GPNN (Global Positioning & Navigation News) — новости глобального позиционирования и навигации (газета US paper).

GPS (Global Positioning System) — глобальная система местоопределения МО США.

\$GPGGA, **\$GPGLL**, **\$GPGSA**, **\$GPRMC**, **\$GPVTG** — форматы передачи данных протокола NMEA-0183 (см. раздел 2.3).

GOTO — «Следовать к»: маршрут, состоящий из одного отрезка, где точка старта — текущее положение, а вторая — финиш.

Grid — координатная сетка: набор вертикальных и горизонтальных линий, нанесенных на карту с определенным интервалом (см. раздел 1.9.4).

GRS (Ground-based Reference Station) — наземная станция привязки.

GRS 80 (Geodetic Reference System of 1980) — геодезическая референц-система 1980 г. (см. раздел 1.1).

GST (Greenwich apparent Sidereal Time) — гринвичское сидерическое время.

GPSIC (GPS Information Center) — информационный центр системы GPS.

HAL (Horizontal Alert Limit) — горизонтальный аварийный предел: параметр типа маски по углу возвышения для пригоризонтных спутников (см. раздел 2.1).

HARN (High-Accuracy Reference Network) — сеть поправок высокой точности (см. раздел 2.2).

HDOP (Horizontal Dilution of Precision) — фактор снижения точности определения горизонтальных координат (см. раздел 2.2, 2.3).

Heading — курс: направление движения.

HF (High Frequency) — высокая частота (ВЧ).

HIRF (High Intensity Radiation Fields) — радиационные поля высокой интенсивности.

HMI (Hazardously Misleading Information) — рискованное искажение информации (в навигационном приемнике GPS).

HPL (Horizontal Protection Level) — горизонтальный уровень защиты (для системы SBAS).

HUD — индикация на лобовом стекле.

HV (Host Vehicle) — транспортное средство.

Hz (Hertz) — единица измерения частоты.

I/A/CoS/ToA (Integrity, Availability, Continuity of Service and Time to Alarm) — целостность, пригодность, непрерывность обслуживания и время сигнализации.

IAG (International Association of Geodesy) — Международная ассоциация по геодезии.

IAIN (International Association of Institutes of Navigation) — Международная ассоциация институтов по навигации.

IALA (International Association of Lighthouse Authorities) — Международная ассоциация маячных служб (МАМС).

IACSP — поставщик услуг международной авиационной связи.

IAOPA — Международный совет ассоциаций владельцев и пилотов воздушных судов (ИАОА).

IATA (International Air Transport Association) — Международная ассоциация воздушного транспорта.

IAU (International Astronomical Union) — Международный астрономический союз.

IBAC — Международный совет служебной авиации (МССА).

ICAO (International Civil Aviation Organization) — Международная организация гражданской авиации.

ICC (Interface Control Contractor) — поставщик контрольного интерфейса.

ICCAIA — Международный координационный совет ассоциаций авиакосмической промышленности (ИККАИА).

ICD (Interface Control Document) — интерфейсный контрольный документ (например, системы GPS).

ICS (Initial Control System) — инициализация системы контроля.

ID (Identification) — идентификация.

IEC (International Electrotechnical Committee) — Международный электротехнический комитет (МЭК).

IEEE (Institute of Electrical and Electronical Engineers) — институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР).

IERS (International Earth Rotation Service) — Международная служба вращения Земли.

IF (Intermediate Frequency) — промежуточная частота.

IFALFA — Международная федерация ассоциаций линейных пилотов (ИФАЛПА).

IFATCA — Международная федерация ассоциаций диспетчеров управления воздушным движением (ИФАТКА).

IFR (Instrumental Flight Rules) — правила полета по приборам (ППП).

IFF (Identification Friend or Foe) — идентификация «свой/чужой».

IGEB (Interagency GPS Executive Board) — межведомственный исполнительный орган системы GPS.

IGP (Ionospheric Grid Point) — сетка данных ионосферного слоя.

IGS (International GPS Service for Geodynamics) — Международная служба GPS по геодинاميке.

I-Level (Intermediate Level) — промежуточный уровень.

ILS (Instrumental Landing System) — система посадки по приборам.

IMC (Instrumental Meteorological Conditions) — инструментальный учет метеословий.

IME (Internally Mounted Equipment) — внутренне установленное оборудование.

IMO (International Maritime Organization) — Международная морская организация (ИМО).

IMS (Integrity Monitoring System) — интегрированная система мониторинга.

IMT (International Mobile Telecommunications) — Международная мобильная телекоммуникация.

IMU (International Measurement Unit) — Международная система единиц измерения.

INMARSAT (International Maritime Satellite Organization) — Международная организация морской спутниковой связи (Инмарсат).

INS (Inertial Navigation System) — инерциальная навигационная система.

I&M (Improvement and Modernization Programs) — усовершенствование и программы модернизации.

Invert route — обратный маршрут: режим навигации по уже пройденному маршруту в обратную сторону с целью достижения стартовой точки.

IOC (Initial Operational Capability) — исходные эксплуатационные возможности GPS.

IODC (Issue of Data, Clock) — проблема данных по параметру времени.

IODE (Issue of Data, Ephemeris) — проблема данных по эфемеридам спутников (таблица их точных координат как функции времени).

ION (Institute of Navigation) — институт навигации (США).

IOR (Inmarsat III Indian Ocean Region) — спутник Inmarsat для региона Индийского океана.

Ionosphere — ионосфера: атмосферный слой заряженных частиц на высоте 120...290 км.

Ionospheric refraction — ионосферное преломление, вызывающее изменение скорости распространения сигнала (см. разделы 2.1, 2.3 и 2.5).

IOT (In Orbit Test) — испытание на орбите.

IP (Instrumentation Port) — инструментальный порт.

IPP (Ionospheric pierce point) — точка прохождения через ионосферу.

IRM (IERS Reference Meridian) — опорный меридиан в системе IERS (Международной службы вращения Земли).

IRP (IERS Reference Pole) — положение полюсов в системе IERS.

IRS (Inertial Reference System) — инерциальная опорная система.

I/S (Interference-to-Signal ratio) — отношение сигнал/интерференционная помеха.

ISC (Integrated Satellite Control) — контроль целостности навигационного поля спутника.

ISO (International Standardization Organization) — Международная организация по стандартизации (ИСО).

IT (Information Technology) — информационная технология.

ITS (Intelligent Transportation System) — интеллектуальная система транспортировки.

ITU (International Telecommunications Union) — Международный союз электросвязи (МСЭ).

ITU-R (ITU-Radiocommunications sector) — сектор радиосвязи ITU.

ITU-RR (ITU-Radio Regulations) — сектор радиоправления ITU.

JAA — Европейский объединенный полномочный орган по летной годности.

Jamming — радиопротиводействие GPS.

JCAB (The Japan Civil Aviation Bureau) — бюро гражданской авиации Японии.

JD (Julian Date) — дата по юлианскому календарю.

Jeppesen — авиационная база данных, в которой хранится информация по аэропортам, воздушным коридорам и др.

JGPSC (Japan GPS Council) — совет Японии по GPS.

JHU/APL (Johns Hopkins University) — физическая лаборатория университета Джона Гопкинса по приложениям (США).

JPL (Jet Propulsion Laboratory) — лаборатория реактивного движения (Канада).

JRC (Join Resources Council) — совет по средствам соединения (США).

J/S (Jammer-to-Signal ratio) — отношение сигнал/сигнал противодействия.

JSC (Joint Spectrum Center) — объединенный центр спектральных исследований (МО США).

JTDIS (Joint Tactical Information Dissemination (Distribution) System) — объединенная система распространения (распределения) тактической информации.

Latitude — широта: географическая величина. Измеряет расстояние на север или юг от экватора. Единица измерения — градус (0...90). Один градус равен одной морской миле (1,85 км) (см. раздел 1.2).

L-Band — диапазон L: диапазон радиочастот (390...1550 МГц), в частности, в этот диапазон входят частоты GPS навигаторов (1227,6 МГц и 1575,42 МГц) (см. раздел 2.3).

L1 — 1575,42 МГц — GPS-несущая с C/A и P (или Y) кодом.

L2 — 1227,60 МГц — GPS-несущая с P или Y кодом.

L3 — GPS-несущая частота, которая несет данные о применении ядерного оружия.

L5 — 1176,45 МГц (в перспективе) — дополнительная GPS-частота для гражданских пользователей.

LAA (Local Area Augmentation) — местное увеличение области.

LAAS (Local Area Augmentation System) — локальная система функционального дополнения.

LAD (Local Augmentation Differential) — местная дифференциальная поправка (см. раздел 2.2).

LADGPS (Local Area Differential GPS) — локальная дифференциальная подсистема GPS (см. раздел 2.2).

lb (Lambert) — английский фунт (0,453 кг).

Leg — отрезок: часть маршрута, лежащая между двумя путевыми точками. Маршрут, состоящий из путевых точек A, B, C и D, содержит 3 отрезка.

LEO satellite (Low Earth Orbiting satellite) — низкоорбитальный спутник.

LEO (Low Earth Orbit) — низкая околоземная орбита.

LEP (Linear Error Probable) — линейная вероятная ошибка.

LGS (Local Geodetic System) — локальная геодезическая система.

LHCP (Left-Hand Circular Polarization) — левая круговая поляризация.

LKE (Lockheed-Khrunichev-Energia) — объединение Локхид—Хруничев—Энергия (Канада).

LLR (Lunar Laser Ranging) — лазерная подсветка Луны.

LO (Local Oscillator) — локальный (местный) генератор.

Longitude — долгота: географическая величина; определяет расстояние в градусах на восток и запад от нулевого (Гринвичского) меридиана (см. раздел 1.2).

LORAN-C (Long-Range Navigation) — навигация дальнего действия, версия С.

LSB (Least Significant Bit) — младший бит.

LSP (Local Status Panel) — местная группа статуса.

MAGR (Miniature Airborne) — бортовой миниатюрный GPS-приемник.

MBS (Mobile Broadcast Service) — мобильное обслуживание радиопередачи.

mB (millibar) — единица давления.

MCC (Mission Control Center or Master Control Center) — центр управления полетом или мастер-центр контроля (см. раздел 2.2).

MCS (Master Control Station) — мастер-станция GPS (см. раздел 2.2).

MCS (Medium Control System) — средства системы контроля.

MCT (Mean Corrective Maintenance Time) — усредненная коррекция хранимого (эталонного) времени.

MDE (Minimum Detectable Error) — минимальная обнаруживаемая ошибка.

MDT (Maintenance Data Terminal) — терминал данных обслуживания.

Magnetic variation — магнитные отклонения: погрешность показаний компаса в результате аномальных магнитных явлений в разных частях земного шара (см. раздел 1.2).

Mean time — мировое время: мировой стандарт времени с 1986 года. Основан на показаниях атомных часов.

MEO (Medium Earth Orbit) — средняя земная орбита.

MERR (Maximum Error) — максимальная ошибка.

MES (Mobile Earth Station) — мобильная наземная станция.

MET (Mobile Earth Terminal) — мобильный наземный терминал.

MIDS (Multi Functional Information Distribution System) — многофункциональная система распределения информации (МО США).

MJD (Modified Julian Date) — измененная юлианская дата, берущая начало с полуночи 17 ноября 1858 г.

MLS (Microwave Landing System) — наземная микроволновая система.

MmaxCT (Maximum Corrective Maintenance Time) — максимальная коррекция эталона времени.

MMD (Mean Mission Duration) — средняя продолжительность жизни спутника GPS.

MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) — монолитная микроволновая интегральная схема.

MNPS (Minimum Navigation Performance Specifications) — минимальные требования к проведению навигационных работ.

MOPS (Minimum Operational Performance Standards) — стандарты на минимальные эксплуатационные характеристики бортовых приемников GPS.

MPSOC (Multi-Purpose Satellite Operations Center) — многоцелевой спутниковый центр.

M/S (Meter per Second) — единица скорости

MSL (Mean Time Between Failure) — среднее время безотказной работы.

MS (Monitor Station) — станция мониторинга.

MSL (Mean Sea Level) — средний уровень моря.

MSS (Mobile Satellite Service) — мобильная спутниковая сервисная служба.

MST (Mean Sidereal Time) — среднее сидерическое время.

MST1 (Mean sidereal time corrected for polar motion) — сидерическое время для приполярных областей.

MTA (Mass Transit Authority) — управление общественным транспортом.

MTBO (Mean Time Between Outage) — среднее время между отключением питания с целью энергосбережения автономного GPS-приемника (см. раздел 2.5).

MTB (Mean Time Between Maintenance) — среднее время между сеансами определения координат GPS-приемника (см. раздел 2.5).

MTTR (Mean Time To Repair) — среднее время позиционирования, при котором в минимальной степени сказывается многолучевость сигнала.

Multichannel receiver — многоканальный приемник.

N/A (Not Applicable) — неприменимый.

NAD 83 (North American Datum of 1983) — североамериканская система координат 1983 г. (см. раздел 1.2).

NAGU (Notice Advisory to GLONASS Users) — консультативное уведомление для пользователей GLONASS.

NANU (Notice Advisory to Navstar Users) — консультативное уведомление для пользователей NAVSTAR (GPS).

NAPA (National Academy of Public Administration) — Национальная академия государственной службы США.

Narrow correlator — узкополосный коррелятор, обеспечивающий уменьшение (в приемниках) погрешности от многолучевого распространения сигнала

NAS (National Airspace System) — Национальная система воздушного пространства США.

NASA (National Aeronautical and Space Administration) — Национальная авионавигационная и космическая Администрация США.

NASAO (National Association of State Aviation Officials) — Национальная ассоциация государственных чиновников авиации.

NATO (North Atlantic Treaty Organization) — Организация Североатлантического договора.

NATS (National Air Traffic Service) — Национальная служба воздушного движения (Англия).

NAV (Navigation) — навигация.

NAV-msg (Navigation Message) — навигационные сообщения (см. раздел 2.3).

NAVCEN (Navigation Center) — центр навигации Береговой охраны США.

NAVSTAR (NAVigation Satellite providing Time And Range) — навигационная спутниковая система для измерения времени и местоположения: официальное название, данное американским правительством системе спутников навигации (в дальнейшем переименованное в GPS).

NAVSAT Info (Navigation Satellite Information Service) — информационная служба системы NAVSTAR.

NBS (U.S. National Bureau of Standards) — Национальное бюро стандартов.

NCF (Network Control Facilities) — средства обслуживания контроля сети.

NCO (Numerically Controlled Oscillator) — цифровой управляемый генератор (см. раздел 2.3).

NELS — координационное агентство Северо-Западной европейской системы Лоран-С.

NEP (North Ecliptic Pole) — северный эклиптический полюс.

NFPO (National Flight Procedures Office) — Национальный офис процедур полета (США).

NGRS (National Geodetic Reference System) — Национальная геодезическая референц-система.

NH или **N-H** (Neuman-Hoffman code) — код Неймана-Гофмана.

NIST (National Institute of Standards and Technologies) — Национальный институт стандартов и технологий (Боулдер, Колорадо, США).

nm (Nautical Mile) — морская миля.

NMCT (Navigation Message Correction Table) — таблицы навигационных поправок.

NMEA (National Marine Electronics Association) — Национальная ассоциация морской электроники. Национальный комитет по стандартизации форматов, содержания, структуре и протоколам обмена информации между GPS-приемниками и прочим электронным оборудованием на борту судна.

NMEA-0183 — протокол коммуникационных стандартов для GPS и прочих электронных приборов на борту судна (см. раздел 2.3).

NLES (Navigation Land Earth Station) — наземная навигационная станция системы EGNOS (см. раздел 2.2).

NLR (National Aerospace Laboratory) — Национальная космическая лаборатория (Нидерланды).

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) — Национальная океанская и атмосферная администрация (США).

NOTAM (FAA Notice to Airmen System) — извещения для пилотов.

NOSC (Naval Ocean System Center) — военно-морской океанский центр.

NPA (Non-Precision Approach) — неточный заход на посадку.

NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System) — объединенная военно-гражданская система оперативного наблюдения за состоянием окружающей среды (США: DoD и NASA).

NRC (National Research Council) — Национальный совет по исследованиям (США).

NRL (Naval Research Laboratory) — военно-морская научно-исследовательская лаборатория.

NS (Nanosecond) — наносекунда (нс).

NSA (National Security Agency) — Агентство национальной безопасности.

NSC (National Security Council) — Совет национальной безопасности (США).

NSC (Non-Standard C/A-Code) — нестандартный C/A-код (см. раздел 2.1).

NSY (Non-Standard Y-code) — нестандартный криптозащитный Y-код (см. раздел 2.1).

NSE (Navigation System Error) — ошибки навигационной системы (см. раздел 2.1).

NGSO MSS (Non-GeoStationary MSS) — не геостационарная MSS (Mobile Satellite Service) — мобильная спутниковая сервисная служба.

NTIA (National Telecommunications and Information Administration) — Национальная администрация по телекоммуникациям и информации (США).

NTDS (Navy Tactical Data System) — морская система тактических данных.

NTS (Navigation Technology Satellite) — навигационный технологический спутник.

NUSC (Naval Underwater Center) — военно-морской подводный центр.

O&S (Orbitography and Synchronisation) — орбитография и синхронизация.

OBСР (On-Board Computer Program) — бортовая компьютерная программа.

OBP (On-Board Processor) — бортовой процессор.

ОСР (Obstacle Clearance Panel) — группа разрешения конфликтов.

OCR (Operational and Certification Requirements) — эксплуатационные и сертификационные требования.

OCS (The GPS Operational Control System) — эксплуатационная система управления GPS.

OIG (Office of the Inspector General) — офис главного инспектора (МО США).

O-Level (Organization Level) — организационный уровень.

O&M (Operations and Maintenance) — действия и обслуживание.

OMV (Orbit Maneuvre Vehicle) — орбитальное маневренное транспортное средство.

ONP (Open Network Provision) — открытое сетевое обеспечение.

OOB (Out-of-Band) — выход из полосы.

Orbcomm (Orbital Communications Corporation) — Орбитальная коммуникационная корпорация (США).

ORD (Operational Requirements Document) — документ эксплуатационных требований.

OSD (Office of the Secretary of Defense) — офис министра обороны (США).

OSS (Orbitography And Synchronisation Station) — станция орбитографии и синхронизации.

Parallel channel receiver — приемник с параллельными каналами, использующий несколько каналов связи для поддержания постоянного контакта с несколькими спутниками одновременно.

PA (Precision Approach) — точный заход на посадку.

PACF (Performance Assessment And Check-out Facility) — оценка работы и средство контроля (система EGNOS).

PAN (The GPS Performance Analysis Network) — сеть анализа работы системы GPS.

P-Code (Precise Code) — код для высокоточных измерений координат в виде длинной псевдослучайной последовательности с периодом повторения 267 дней и возможностью переустановки каждую неделю. Код состоит из 38 семидневных долей, 32 из них предназначены для индивидуальных спутников орбитальной группировки, 5 — для базовых станций формирования поправок, 1 — не используется (см. раздел 2.3).

PDOP (Position Dilution Of Precision) — фактор снижения точности определения местоположения (см. раздел 2.1).

PE (1. Precise Ephemeris; 2. Program Element; 3. Portable Equipment) — прецизионные эфемериды; программный элемент; портативное оборудование.

PHT (Weather sensors: Pressure, Hydrometry and Temperature) — погодные датчики: давления, гидрометрии и температуры.

PL (Protection Level) — уровень защиты.

PLANS (Position Location and Navigation Symposium) — симпозиум по местопределиению и навигации.

PLGR (Precision Lightweight GPS Receiver) — прецизионный малогабаритный GPS-приемник.

PLL (Phase-Lock-Loop) — система фазовой автоподстройки частоты.

PI-Pre (Planned Product Improvement) — запланированное усовершенствование изделия.

PMD (Program Management Directive) — директива программы управления.

PNP (Payload Navigation Processor) — полезная нагрузка навигационного процессора.

- pps** (pulse per second) — импульсов в секунду.
- PPM** (Part Per Million) — одна миллионная.
- PPM** (Pulse Per Minute) — импульсов в минуту.
- PPS-SM** (PPS Security Module) — модуль шифрования P-кода.
- PPTI** (Precise Time and Time Interval) — прецизионное определение времени и временных интервалов.
- PPS** (Precise Positioning Service) — режим прецизионного определения координат (с использованием P-кода) (см. раздел 2.1).
- PPSPO** (PPS Program Office) — управление программой доступа к PPS.
- PRN** (Pseudo-Random Noise) — псевдослучайный сигнал, генерируемый, например, многоразрядным сдвиговым регистром с элементами ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ в цепи обратной связи (см. раздел 2.3).
- Pseudolite** — генератор псевдослучайного сигнала в GPS-приемнике.
- Pseudo-random code** — код с псевдослучайными характеристиками.
- Pseudorange** — измерение псевдодалности, основанное на корреляции псевдослучайных сигналов одинаковой структуры, генерируемых на спутнике и в GPS-приемнике (см. разделы 2.1 и 2.3).
- P-signal** (Protected signal) — криптозащищенный (зашифрованный) сигнал, например, P-код GPS, обозначаемый в таком случае как P(Y) (см. раздел 2.3).
- PSK** (Phase-Shift Keying) — фазовая манипуляция, используемая, например, в системах GPS и ГЛОНАСС (см. разделы 2.3 и 2.4).
- PT** (Performance Type) — тип работы.
- PVT** (Position, Velocity and Time) — местоположение, точность и время.
- QPSK** (Quadri-Phase-Shift Keying) — квадратурная фазовая манипуляция, используемая в системах GPS и ГЛОНАСС (см. разделы 2.3 и 2.4).
- R95** — радиус круга в конусообразной диаграмме направленности антенны, в котором сосредоточено 95% излучаемой энергии.
- RACE** (Research and technology development in Advanced Communications in Europe) — исследование и развитие технологии в передовых коммуникациях Европы.
- RAIM** (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) — автономный контроль целостности в приемнике.
- RAM** (Reliability and Maintainability) — надежность и ремонтпригодность.
- RAS** (Radio Astronomy Service) — радиоастрономическая служба.
- Rb** (Rubidium) — элемент рубидий, используемый в одноименном лазере.
- RDOP** (Relative Dilution of Precision) — относительное снижение точности определения местоположения.
- RDS** (Radio Data System) — радиосистема передачи данных.
- RDT&E** (Research, Development, Test and Evaluation) — исследование, развитие, испытание и оценка.
- Remote Sensing** — дистанционное зондирование.
- RF** (Radio Frequency) — радиочастота.
- RFI** (Radio Frequency Interference) — радиочастотная линия передачи (радиоканал).
- RFP** (Request for Proposal) — запрос о предложении.

RHCP (Right-Hand Circular Polarization) — правая круговая поляризация (антенны).

RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station) — станция, контролирующая расположение и целостность (система EGNOS).

RIN (Royal Institute of Navigation, United Kingdom) — королевский институт навигации (Великобритания).

RINEX (Receiver Independent Exchange Format) — приемник, совместимый с различными форматами (GPS и GLONASS).

RISC (Reduced Instruction Set Computing) — архитектура компьютера (микропроцессора) с ограниченным набором команд.

RME (Radiation Monitoring Equipment) — оборудование для контроля излучения.

RMI (Remote Maintenance Interface) — интерфейс удаленного доступа.

RMS (Root Mean Square) — среднеквадратическое значение величины, например ошибки (см. раздел 1.6).

RNAV (Area Navigation) — область навигации.

RNP (Required Navigation Parameters) — требуемые навигационные характеристики.

RNSS (Radio Navigation Satellite Service) — радионавигационный спутник обслуживания.

RR (Radio Regulation) — радиоуправление.

Route — маршрут: группа путевых точек, введенных в GPS-навигатор, в последовательности предполагаемого следования.

RSP (Remote Status Panel) — удаленная группа статуса.

RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) — радиотехническая комиссия по авиации (гражданская авиация).

RTCM (Radio Technical Commission For Maritime Service) — радиотехническая комиссия для морского обслуживания.

RTD (Research and Technological Development) — исследование и технологическое развитие.

RTK (Real Time Kinematic) — метод оперативной кинематики, устанавливающий оптимальные расстояния между базовым и приемником объекта (см. раздел 2.2).

RTS (Remote Tracking Station) — удаленная станция слежения.

RT (Remote Terminal) — удаленный терминал.

RTTE (Radio and Telecommunications Terminal Equipment) — радио- и телекоммуникационное оборудование терминала.

Runway — взлетно-посадочная полоса (ВПП).

Runway threshold — порог ВПП.

RS-232 — стандарт серийного порта для обмена информацией между электронными устройствами разных производителей.

RSS (Root Sum Square) — корень квадратный из суммы квадратов величин.

S (S-band) — микроволновый диапазон частот (2...4 ГГц).

SA (Selective Availability) — режим ограниченного доступа: преднамеренное искажение сигналов спутников, принимаемых гражданскими GPS-приемниками, производимое Министерством обороны США до мая 2000 года. Преднамеренное искажение сигналов заключалось в искажении времени и координат (эфемерид) спутников (см. раздел 2.1).

Satellite status display — дисплей состояния спутников: информационный дисплей, на котором отображается техническая информация о состоянии каждого спутника.

Savable Plot trails — сохраняемые треки. Трек, остающийся после прохода определенной дистанции, может быть сохранен в памяти навигатора для дальнейшего использования (обратное следование по треку, повторный проход по треку).

SAIM (Satellite Autonomous Integrity Monitoring) — спутниковый автономный контроль целостности.

SAR (Search and Rescue) — поиск и спасение.

SARSAT (Search and Rescue Satellite) — поиск и спасение спутников.

SASC (Senate Armed Services Committee) — сенатская комиссия по делам вооружений.

SATCOM (Satellite Communications) — спутниковые коммуникации.

Satellite constellation — спутниковое созвездие (см. раздел 2.1).

SAW (Surface Acoustic Wave filter) — фильтр на поверхностных акустических волнах.

SC (Special Comitee) — специальный комитет.

SDI (Strategic Defense Initiative) — стратегическая инициатива защиты.

SDLS (Standard Data Link System) — стандартный канал системы связи.

SEP (Spherical Error Probable) — радиус сферы, которая будет содержать 50 % ожидаемых ошибок в трех измерениях.

Sidereal day — сидерический день, приблизительно равный 23 часам 56 минутам и 4 секундам.

Search the sky — сканирование неба: сообщение, появляющееся на экране навигатора в процессе поиска сигналов спутников, сбора и обработки информации от них (см. раздел 2.1).

SI (International System of Units) — Международная система единиц СИ.

SKYNET — спутниковая коммуникационная система.

S/N, SNR (Signal-to-Noise Ratio) — отношение сигнал/шум.

Signal availability — доступность сигнала: процент времени работы системы, в который доступны навигационные сигналы от внешних источников.

S-PCN (Satellite Personal Communications Network) — спутниковая персональная коммуникационная сеть.

S-PCS (Satellite Personal Communications Services) — спутниковая персональная коммуникационная служба.

space segment — космическая часть системы GPS.

SPS (Standard Positioning Service) — режим стандартной точности (с использованием C/A-кода) (см. раздел 2.1).

SQM (Signal Quality Monitoring) — мониторинг качества сигнала.

SRP (Solar Radiation Pressure) — давление солнечных лучей.

SS (Space Segment) — космический сегмент СНС.

STANAG (NATO Standardization Agreement) — соглашение НАТО о стандартизации.

STE (Special Test Equipment) — специальное испытательное оборудование.

STEP (Space Test Experiments Platform) — космическая испытательная платформа для экспериментов.

Steering screen — страница магистрали: режим экрана навигатора, в котором следуемый маршрут отображается в виде автомагистрали от «первого лица». По «магистрали» удобно контролировать отклонение от курса, корректировать направление, отслеживать путевые точки.

Straight line navigation — непосредственная навигация: следование от одной точки до другой по наиболее короткому (прямому) пути.

STP (Space Test Program) — космическая испытательная программа.

SV (Space Vehicle) — космическое транспортное средство.

TACAN (Tactical Air Navigation) — тактическая воздушная навигация.

TAI (Internacional Atomic Time) — Международное атомное время.

TAA (GPS Terminal Arrival Area) — предельная область прибытия.

TACAN (Tactical Air Communications and Navigation System) — тактильная воздушная коммуникационная и навигационная система (USA).

TBC (To Be Confirmed (Corrected)) — быть подтвержденным (исправленным).

TBD (To Be Defined (Determined)) — быть определенным (решительным).

TBDL (To Be Determined Later On) — быть определенным позже.

TBS (To Be Supplied) — быть поставленным.

TBD (To Be Determined) — быть определенным.

TDOP (Time Dilution Of Precision) — фактор снижения точности определения времени.

T&C (Telemetry and Command) — телеметрия и командоуправление.

TCA (Transport Canada Aviation) — транспортная авиация Канады.

TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance Systems) — безопасное движение и системы предотвращения столкновения.

TCR (Telemetry Command and Ranging) — команда телеметрии и расположения.

TDMA (Time Division Multiple Access) — многоканальный доступ с разделением во времени.

TEC (Total Electron Content) — общее содержание электронов (в ионосфере).

TECU (Total Electron Content Units) — единица содержания электронов в ионосфере, равная 10^{16} электронов на m^2 .

TENs (Trans European networks) — трансевропейские сети.

TLAM (GPS-guided Tomahawk Land Attack Missile) — управляемая GPS ударная ракета «Томагавк».

TLM (Telemetry word) — данные телеметрии.

TLS (Target Level of Safety) — целевой уровень безопасности.

TOD (Time Of Day) — время в днях.

TOW (Time Of Week) — время в неделях.

TRANSIT — спутниковая навигационная система США первого поколения.

TSO (Technical Standard Order) — стандартизованные технические требования.

TSS (Tactical Space Systems) — тактические космические системы.

TTA (Time-To-Alarm) — сигнал тревоги через заданное время.

TT&C (Telemetry, Tracking; And Commanding) — телеметрия, слежение, выполнение команд.

TTF (Time To First Fix) — время от первого включения GPS-приемника до момента фиксации им своих координат; указывается отдельно для холодного (обычно 1...2 минуты), теплого (до минуты) и горячего (до десяти секунд) старта.

TTSF (Time-To-Subsequent-Fix) — время от последующего (не первого) включения GPS-приемника до момента фиксации им своих координат.

TTG (Time To Go) — остаток времени в пути: примерное время, которое необходимо затратить для того, чтобы добраться от текущего местоположения до выбранной путевой точки.

TracBack — трекбек: функция в приемниках Garmin, позволяющая преобразовать любой пройденный трек в маршрут, по которому можно вернуться к точке отправления.

TRK (TRAcK) — трек: отображение текущего направления движения.

Track-up display — дисплей трек-ап: режим, в котором нужное направление движения всегда отображается в центре верхней части экрана.

Triangulation — триангуляция: определение положения любой неизвестной точки путем применения тригонометрических законов (см. раздел 1.8).

True north — истинный север: направление на Северный полюс с текущего положения. Магнитные компасы несколько искажают направление из-за несоответствия расположения магнитного и географического полюсов Земли, что учитывается в GPS-приемниках.

TRN (TuRN) — поворот: градус, на который необходимо отклониться от текущего курса в ту или иную сторону для достижения заданной путевой точки.

UE (User Equipment) — пользовательское оборудование.

UERE (User Equipment Ranging Error) — среднеквадратическая эквивалентная ошибка оборудования пользователя.

UHF (Ultra High Frequency) — ультравысокая частота.

UI (User interface) — пользовательский интерфейс: приемник и блок отображения.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) — универсальная мобильная телекоммуникационная система.

URA (User Range Accuracy) — ожидаемый максимальный среднеквадратический вклад эфемеридных и ошибок времени в UERE. URA для каждого

космического аппарата в некоторых навигаторах отображается на его экране. Если значение URA больше 30, то скорее всего на спутнике был активирован режим избирательного доступа (S/A).

US (user segment) — пользовательский сегмент: приемник и блок отображения.

USCG (United States Coast Guard) — береговая охрана (морская пограничная служба) США.

USGIC (United States GPS Industry Council) — совет США по производству GPS-оборудования.

USNO (United States Naval Observatory) — военно-морская обсерватория США.

USO (Ultra Stable Oscillator) — высокостабильный генератор.

USSPACECOM (United States Space Command) — командование космических войск США.

UT (Universal Time) — Всемирное время.

UT1 (Universal Time corrected for polar motion) — универсальное время, исправленное для приполярного движения.

UTC (Universal Coordinated Time) — координированное всемирное время.

UTM (Universal Transverse Mercator) — универсальная проекция Меркатора: всемирная координатная проекция поверхности Земли.

VDB (VHF Data Broadcast) — передача данных по высокочастотному (VHF) каналу.

VDOP (Vertical Dilution of Precision) — фактор снижения точности определения вертикальной координаты (высоты) (см. раздел 2.1).

VHF (Very High Frequency) — ультравысокая частота.

VLBI (Very Long Baseline Interferometry) — длинноволновая интерферометрия.

VHSIC (Very High Speed Intergrated Circuit) — высокоскоростная интегральная микросхема.

VLSIC (Very Large Scale Intergrated Circuit) — большая интегральная микросхема.

VPL (Vertical Protection Level) — уровень защиты по вертикали.

Waypoint — путевая точка на карте, имеющая собственное имя и занесенная в память навигатора (см. раздел 3.2).

WGS-84 (World Geodetic System 1984) — мировая геодезическая система 1984 года. Математическая модель Земли (эллипсоид), применяемая в GPS-приемниках (см. раздел 1.2).

WAAS (Wide Area Augmentation System) — система, предназначенная для корректировки сигналов GPS и состоящая из спутников и наземных станций. WAAS обеспечивает точность определения координат менее 3 метров. Сигналы WAAS доступны на территории Северной Америки. В Европе в настоящее время разрабатывается система EGNOS (Euro Geostationary Navigation Overlay Service) (см. раздел 2.2).

World Geodetic System — мировая геодезическая система: свод постоянных параметров Земли. Включает данные по размеру, массе, форме, потенциалам нашей планеты (см. разделы 1.1 и 1.2).

WADGPS (Wide Area Differential GPS) — широкополосная дифференциальная GPS (см. раздел 2.2).

WAN (Wide Area Network) — широкополосная сеть.

WLL (Wireless Local Loop) — беспроводная локальная сеть.

WN (Week Number) — число недель.

WP (Working Paper) — рабочий документ.

WTO (World Trade Organisation) — Всемирная торговая организация.

WVR (Water vapor radiometer) — пароводяной радиометр.

Y (Y-code) — зашифрованный P-код (см. раздел 2.1).

Y2K — 2000-й год.

Барометрический высотомер — работает на принципе понижения атмосферного давления с увеличением высоты. Обеспечивает точность до 3 метров. В некоторых моделях GPS, обладающих специальными возможностями, можно просматривать график изменения высот.

Электронный (магнитный) компас — выполняет функции обычного компаса без участия GPS-технологий. Удобен при навигации в несложных условиях и при невозможности приема сигнала GPS. В отличие от GPS-компаса, показывает направление на стороны света даже при отсутствии движения.

Литература

1. Дьяков Б. Н., Малинин В. В. и др. Геодезия / Электронная версия учебного пособия. Центр информационных технологий Сибирской государственной геодезической академии. Новосибирск: 2002.
2. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ (редакция пятая). Москва, 2002, 97 с.
3. NAVSTAR GPS. Interface Control Document. 1991.
4. Ярлыков М. С. Статистическая теория радионавигации. — М.: Радио и связь, 1985.
5. Шебшаевич В. С., Григорьев М. Н., Кокина Э. Г. и др. Дифференциальный режим сетевой спутниковой радионавигационной системы. — Зарубежная радиоэлектроника, 1989, № 1, с. 5—32.
6. Волков Н. М., Иванов Н. Е., Салищев В. А., Тюбалин В. В. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. — Успехи современной радиоэлектроники. 1997, № 1.
7. Новиков И. А., Рабкин В. С. и др. Использование спутниковой радионавигационной системы NAVSTAR для синхронизации шкал времени. — Зарубежная радиоэлектроника, 1985, № 11, с. 3.
8. Поваляев А. А., Тюбалин В. В., Хвальков А. А. Определение относительных координат по радиосигналам системы ГЛОНАСС. — «Радиотехника», 1996, № 4.
9. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. В. Н. Харисова, А. И. Петрова, В. А. Болдина. 2-е изд. исправ. — М.: ИПРЖР, 1999.
10. Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC / Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. Изд. 5-е доп. и перераб. — М.: Солон-Пресс, 2004, 800 с.
11. Манин А. П., Романов Л. М. Методы и средства относительных определений в системе NAVSTAR. — Зарубежная радиоэлектроника, 1989, № 1, с. 33—45.
12. Харисов В. Н., Петров А. И., Болдин В. А. и др. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. — М.: ИПРЖР, 1999, 560 с.
13. Шебшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцевич Н. В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. — М.: Радио и связь, 1982, 272 с.
14. Малышев В. В., Куршин В. В. Адаптивный навигационный алгоритм в условиях селективного доступа к системе GPS. — Известия Академии наук. Теория и системы управления. 2001, № 5, с. 134—142.

Содержание

Введение	3
1. Краткие сведения из геодезии	5
1.1. Понятие о фигуре Земли	5
1.2. Определение положения точек земной поверхности	7
1.3. Методы проекций	9
1.4. Понятие о плане, карте, аэроснимке	10
1.5. Ориентирование линий	12
1.6. Геодезические измерения	15
1.7. Определение прямоугольных координат точки	21
1.8. Определение координат нескольких точек	27
1.9. Топографические карты и планы	32
1.9.1. Масштабы топографических карт	32
1.9.2. Разграфка и номенклатура топографических карт	34
1.9.3. Разграфка и номенклатура крупномасштабных планов	35
1.9.4. Координатные сетки	36
1.9.5. Условные знаки топографических карт	36
1.9.6. Изображение рельефа на картах и планах	37
1.9.7. Цифровые топографические карты	41
2. Спутниковые навигационные системы (СНС)	44
2.1. Общие сведения и принцип действия СНС	45
2.2. Дифференциальный режим СНС	50
2.3. Система NAVSTAR-GPS	53
2.4. Система ГЛОНАСС	61
2.5. Приемные устройства СНС	69
2.6. Некоторые применения СНС	79
2.7. СНС в Интернете	89
3. OziExploger и другие навигационные программы	92
3.1. Навигационные карты и системы координат	93
3.2. Путьевые точки (Waypoints) и маршруты (Routes)	99
3.3. Треки (Tracks)	104
3.4. События (Events), точки (Points), наборы точек (Point Set), заметки (Features), комментарии (Comments)	109
3.5. Меню File	114

3.6. Меню Select	130
3.7. Меню View	130
3.8. Меню Map	133
3.9. Меню Optios	135
3.10. Меню Moving Map	136
3.11. Меню Navigation	139
3.12. Меню GPS — NMEA Only	140
3.13. Калибровка карт для RealMaps (КПК Psion)	141
3.14. ИНГИТ MapGPS	144
Приложение. Список терминов и сокращений	147
Литература	173

Серия «Библиотека инженера»

**Василий Иванович Карлащук,
Сергей Васильевич Карлащук**

Спутниковая навигация. Методы и средства

Ответственный за выпуск *В. Митин*

Макет и верстка *Н. Бармина*

Обложка *Е. Холмский*

ООО «СОЛОН-Пресс»

123242, г. Москва, а/я 20

Телефоны:

(095) 254-44-10, (095) 252-36-96, (095) 252-25-21

Сайт издательства www.solon-press.ru

E-mail: solon-avtor@coba.ru

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «Альянс-книга»

Тел: (095) 258-91-94, 258-91-95

www.abook.ru

ООО «СОЛОН-Пресс»

127051, г. Москва, М. Сухаревская пл., д. 6, стр. 1 (пом. ТАРП ЦАО)

Формат 70 × 100/16. Объем 11 п. л. Тираж 1000

Зак.117

ООО «Авальман Холдинг»

119035, Москва, Пожарский пер., Д. 11