

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ (МИИГАиК)

КАФЕДРА ВЫСШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

Шануров Геннадий Анатольевич
Ходаков Павел Аркадьевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ по курсам:
«Высшая геодезия», «Геотроника» и «Спутниковая геодезия»

ИЗУЧЕНИЕ СПУТНИКОВОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИЁМНИКА

Для студентов геодезических специальностей

Москва 2016

Оглавление

Введение.....	- 3 -
1. Основы работы спутникового навигационного приёмника	- 3 -
2. Внешний вид приёмника, назначение клавиш управления	- 5 -
3. Включение и выключение приёмника; основные меню; настройки дисплея-	6 -
4. Использование демонстрационного режима.....	- 7 -
5. Основные меню	- 7 -
5.1. Страница Небосклона [Sky View Page]	- 7 -
5.2. Страница Карты [Map Page].....	- 9 -
5.3. Страница Указателя [Pointer Page].....	- 10 -
5.4. Страница Дорожного Компьютера [Trip Computer Page].....	- 12 -
5.5. Страница МЕНЮ [Main Menu].....	- 13 -
5.5.1. Подменю ОТМЕТИТЬ [MARK].....	- 13 -
5.5.2. Подменю ТОЧКИ [WAYPOINTS]	- 14 -
5.5.3. Подменю МАРШРУТЫ [ROUTES]	- 14 -
5.5.4. Подменю ПУТИ [TRACKS].....	- 14 -
5.5.5. Подменю НАСТРОЙКА [SETUP].....	- 15 -
6. Выполнение начальных установок.....	- 16 -
7. Создание путевой точки	- 17 -
8. Работа в движении - навигация	- 18 -
9. Состав лабораторных и практических работ.....	- 18 -
Заключение	- 19 -
Литература	- 19 -

Введение

Технология создания опорной спутниковой геодезической сети на территории региона или объекта включает полевое обследование сохранившихся пунктов созданной ранее опорной геодезической сети и рекогносцировку вновь создаваемых пунктов [1]. На этих этапах работы исполнитель с помощью спутникового навигационного приёмника, который далее для краткости назван просто приёмником, определяет геодезические эллипсоидальные координаты каждого пункта, то есть его геодезическую широту, геодезическую долготу и геодезическую высоту. Приёмник обеспечивает также навигацию наблюдателя (оператора) при перемещении от базы партии к пункту сети, от пункта к пункту и от пункта сети к базе партии. В методических указаниях даны сведения, позволяющие изучить приёмник *etrex* компании GARMIN как одного из существующих навигационных приёмников и научиться работать с ним.

1. Основы работы спутникового навигационного приёмника

Спутниковый навигационный приёмник реализует кодовый режим наблюдений [2]. Работая в кодовом режиме, приёмник измеряет интервал времени, за который сигнал спутника доходит до приёмника. Будучи умножено на скорость распространения сигнала, значение этого интервала позволяет вычислить дальность от приёмника до спутника. Однако значение этого временного интервала искажено несинхронностью работы часов приёмника и часов спутника. Другими словами, показание часов приёмника в момент наблюдений не совпадает со временем GPSTime навигационной спутниковой системы. По этой причине перемножение длительности временного интервала на скорость распространения сигнала даёт не дальность до спутника, а псевдодальность. В процессе навигации приёмник одновременно наблюдает до 12 спутников GPS, то есть, он способен одновременно определять до двенадцати псевдодальностей. Чтобы получить поправку в псевдодальность за переход к дальности, необходимо определить поправку часов приёмника относительно GPSTime. Приёмник получает значение этой поправки из обработки результатов измерений. Для этого поправка часов, совместно с координатами пункта, входит в процедуру обработки как неизвестное. Полученное значение временной поправки приёмник вводит в псевдодальности, получает тем самым значения дальностей от приёмника до всех одновременно наблюдаемых спутников GPS Navstar, вычисляет на момент наблюдений координаты этих спутников по их эфемеридам и вычисляет, используя спутники GPS Navstar в качестве исходных пунктов, координаты приёмника методом линейной пространственной многократной засечки. Поскольку оператор вместе с приёмником находится на интересующем его пункте, то он получает координаты этого пункта. Обработка выполняется в системе координат WGS84 - World Geodetic System 84 - Всемирная Геодезическая Система, принятая Международной Ассоциацией Геодезии в 1984 году. Приёмник может выдавать результаты в любой из систем координат, заложенной в его программное обеспечение. Оператор может также сформировать удобную для него систему координат - систему координат пользователя.

Полученные координаты пункта (точки) называют навигационными координатами. Дадим теперь одно из основных понятий спутниковой навигации - понятие «путевой точки» - *waypoint*. Работая в данном регионе или на данном объекте, оператор вводит в память приёмника информацию о пунктах, на которых он побывал и выполнил работу. Эта информация включает навигационные координаты пункта (точки) и идентификатор

(название, номер) пункта (точки). Ввести эту информацию в память приёмника означает маркировать (to mark) эту точку. Саму же такую точку и называют «путевой точкой» – waypoint.

Методические указания написаны на основе русифицированной версии представления приёмником информации. В интересах тех пользователей, которые предпочитают использовать английскую версию для наименования операций и пунктов меню помимо русских терминов приведены также английские термины.

Спутниковый навигационный приёмник имеет нечто общее с мобильным телефоном. Сходен их внешний вид: имеется дисплей и клавиши управления. Работу выполняют, используя систему меню. Такая схожесть обусловлена тем, что приёмник и мобильный телефон представляют собой терминалы систем, то есть те устройства, которые держат в руках пользователи соответственно системы GPS Navstar и системы мобильной телефонной связи. Эта схожесть облегчает изучение работы со спутниковым приёмником тем людям, которые привыкли использовать мобильный телефон. Существует, разумеется, и множество различий между мобильным телефоном и спутниковым приёмником. Прежде всего - это различие в предназначении и выполняемых функциях. Одним из принципиальных различий является то, что мобильный телефон - это устройство, которое работает в активном режиме, то есть работает как на приём, так и на передачу. Спутниковый же приёмник - это устройство, которое работает в пассивном режиме, то есть работает только на приём.

Работа со спутниковым навигационным приёмником основана на использовании системы меню. Поэтому для работы с приёмником необходимо следующее. Знать, какие функции (опции) способен выполнять приёмник. Знать, какую из этих функций желает реализовать оператор. Знать, при работе в каком именно меню (подменю) оператор может реализовать эту функцию. Знать, как выйти в это меню и как работать в этом меню. Оператор также должен понимать смысл названий меню (подменю), понимать смысл сообщений, которые приёмник время от времени посылает оператору, уметь реагировать на эти сообщения. Оператор должен также понимать, какие начальные установки приёмника следует выполнить и как эти установки выполнить. Приёмник *Etrex* является профессиональным приёмником, поэтому человек, освоивший работу с таким приёмником может считать себя специалистом в области спутниковой навигации.

Несколько замечаний о терминологии и условных обозначениях. Перевод с русского языка на английский и с английского на русский дан в квадратных скобках. Например СТРАНИЦА [PAGE], POWER [ПИТАНИЕ]. Термин «нажать, нажатие» означает краткое нажатие клавиши. Если использован термин «длительное нажатие», то надо нажать клавишу и удерживать её 3-5 секунд, пока приёмник не выполнит команду. Например, длительным нажатием клавиши POWER [ПИТАНИЕ] приёмник включают и выключают; нажатием (кратким) той же клавиши включают подсветку дисплея. Если использован символ стрелки (>), то это означает следующую последовательность действий. С помощью клавиши ВВЕРХ [UP] или ВНИЗ [DOWN] необходимо выделить на дисплее интересующее меню (подменю, строку) и нажать клавишу ENTER [ВВОД]. Например, если указано выбрать СИСТЕМА [SYSTEM] > НАСТРОЙКА [SETUP] >, то надо выделить строку подменю СИСТЕМА [SYSTEM], нажать клавишу ENTER [ВВОД]; затем надо выделить строку НАСТРОЙКА [SETUP] и вновь нажать клавишу ENTER [ВВОД].

2. Внешний вид приёмника, назначение клавиш управления

Фотография спутникового навигационного приёмника *Etrex* приведена на рисунке 2.1, irccenter.ru.



Рисунок 2.1. Навигационный приёмник

По своему внешнему виду, приведённому в виде чертежа на рисунке 2.2, приёмник *Etrex* весьма напоминает мобильный телефон. Имеется антенна, жидкокристаллический дисплей. Имеются клавиши управления, которые в отличие от мобильного телефона, расположены не на передней поверхности прибора, а на боковых панелях.

Клавиша **POWER** [ПИТАНИЕ], обозначенная на приёмнике в виде сокращения **PWR**, предназначена для включения и выключения приёмника, а также для включения подсветки дисплея. Включают и выключают приёмник длительным нажатием клавиши, а подсветку включают нажатием этой клавиши. Выключается подсветка автоматически через заранее установленный оператором интервал времени.

Клавиша **PAGE** [СТРАНИЦА] имеет двойное предназначение. Если приёмник находится в каком-либо из пяти основных меню, то нажатием этой клавиши листают страницы этих меню. Если приёмник находится в каком-либо нижележащем меню (в подменю), то нажатием этой клавиши выходят в вышележащее меню.

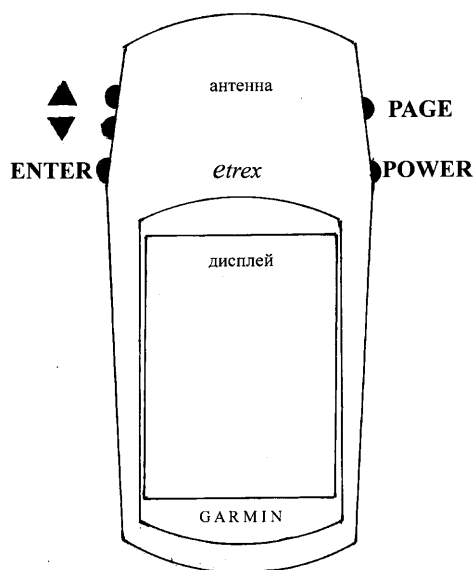


Рисунок 2.2. Приёмник *Etrex*.

Клавиша **ENTER** [ВВОД] имеет тройное предназначение. Если приёмник находится в каком-либо из пяти основных меню, то нажатием этой клавиши открывают страницу опций данного основного меню, то есть открывают страницу подменю данного основного меню. Выделив с помощью клавиш **ВВЕРХ** [UP] или **ВНИЗ** [DOWN] нужную ему строку (опцию), оператор нажмет клавишу **ENTER** [ВВОД] для того, чтобы активизировать эту опцию. И кроме того, клавишу **ENTER** [ВВОД] используют для того, чтобы маркировать текущее местоположение, то есть для того, чтобы ввести данный пункт в память приёмника

в виде путевой точки - waypoint.

Клавиши ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN] на приёмнике не обозначены никакими буквами. Они обозначены направленными вверх и вниз стрелками, смотри рисунок 2.1. С помощью этих клавиш оператор выделяет интересующую его строку на странице меню (подменю). Если приёмник находится в меню карты, то с помощью клавиш ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN] увеличивают или уменьшают масштаб карты на дисплее приёмника.

3. Включение и выключение приёмника; основные меню; настройки дисплея

Приёмник включают, нажав и удерживая клавишу POWER [ПИТАНИЕ], до тех пор, пока на дисплее не появится меню приветствия. Меню приветствия находится на дисплее, пока приёмник тестирует все свои 12 каналов приёма сигналов спутников. Затем приёмник автоматически переключается в первое из пяти основных меню: на дисплее появляется **Страница Небосклона [Sky View Page]**. Последовательными нажатиями клавиши PAGE [СТРАНИЦА] можно пролистать страницы всех пяти основных меню. Страницы основных меню расположены в следующем порядке: **Страница Небосклона [Sky View Page]**, **Страница Карты [Map Page]**, **Страница Указателя [Pointer Page]**, **Страница Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]** и **Страница МЕНЮ [Main Menu]**. Нажатие клавиши PAGE [СТРАНИЦА] после **Страницы МЕНЮ [Main Menu]** вновь открывает **Страницу Небосклона [Sky View Page]**. Страницы основных меню, таким образом, закольцованы (зациклены).

При нажатии любой клавиши включается подсветка дисплея. Выключается подсветка автоматически через интервал времени, который пользователь заранее устанавливает сам. Пользователь может выбрать длительность свечения в 15, 30 секунд, в 1 минуту, в 2 минуты, а может сделать так, чтобы подсветка работала непрерывно, пока включен приёмник. Пользователь может также установить удобную для него контрастность изображения на дисплее. Установку длительности подсветки и контрастности дисплея делают в самом начале работы с приёмником. Эти установки делают в основном меню **Страница Небосклона [Sky View Page]**. Следует дважды нажать клавишу ENTER [ВВОД]. На дисплее появится страница меню, где выделена строка с уже установленной длительностью подсветки, например 30 секунд. Если пользователь желает изменить эту длительность, он нажимает клавишу ENTER [ВВОД]. Появляется страница меню, на строках которой указана длительность подсветки (время, через которое подсветка отключается): постоянно (не отключается вообще, пока приёмник включён), 15 секунд, 30 секунд, одна минута, две минуты. Используя клавиши ВВЕРХ [UP] или ВНИЗ [DOWN], пользователь выбирает желаемую длительность подсветки и нажимает клавишу ENTER [ВВОД]. На дисплее появляется страница предшествующего меню и возникает возможность отрегулировать контрастность дисплея. Чтобы перейти на регулятор контрастности, нажимают клавишу ВНИЗ [DOWN], а затем клавишу ENTER [ВВОД]. Затем клавишами ВВЕРХ [UP] или ВНИЗ [DOWN] устанавливают желаемую контрастность дисплея и, нажав клавишу PAGE [СТРАНИЦА], закрывают окно регулировки и возвращаются на **Страницу Небосклона [Sky View Page]**.

Следующим шагом в подготовке приёмника к работе является выполнение начальных установок. Следует выбрать и установить систему координат, в которой приёмник будет представлять результаты навигации, например, WGS84, СК42. Следует выбрать и установить единицы представления линейных величин, например, метры, футы.

Следует выбрать и установить единицы представления угловых величин, например, градусы и доли градуса, градусы, минуты и доли минуты, градусы, минуты, секунды и доли секунды. Следует выполнить ещё довольно много начальных установок. Об этом написано в разделе 6.

Выключают приёмник длительным нажатием клавиши POWER, при этом приёмник может находиться в любом меню (подменю).

4. Использование демонстрационного режима

Начиная изучать приёмник в аудитории, удобно переключить приёмник в демонстрационный режим, то есть в режим имитации наблюдений. В этом режиме не требуется принимать сигналы спутников, а приёмник работает, как будто он эти сигналы принимает. Устанавливают данный режим на **Странице МЕНЮ [Main Menu]**. Установку делают, выполнив следующую последовательность операций: **МЕНЮ [Main Menu] > НАСТРОЙКА [SETUP] > СИСТЕМА [SYSTEM] > ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ [DEMO] >**, то есть, процедура заканчивается нажатием клавиши ENTER [ВВОД]. Затем дважды нажав клавишу PAGE [СТРАНИЦА], возвращаются на **Страницу МЕНЮ [Main Menu]**. Если пользователь желает обучаться работе в демонстрационном режиме, он должен выходить в этот режим после каждого включения приёмника. Для того, чтобы из демонстрационного режиме вернуться в нормальный режим работы, когда приёмник реально принимает сигналы спутников, необходимо повторить описанную в этом разделе последовательность операций, но на последнем этапе вместо опции **ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ [DEMO]** выбрать опцию **НОРМАЛЬНЫЙ [NORVAL]** режим работы.

5. Основные меню

В этом разделе описаны пять основных меню и их подменю, то есть описаны опции основных меню.

5.1. Страница Небосклона [Sky View Page]

Эта страница позволяет оценить готовность приёмника к работе. Другими словами, на этой странице можно оценить статус приёмника как части спутниковой системы на текущий момент. Страница этого одного из пяти основных меню открывается после включения приёмника.

В нижней части дисплея под надписью **СИГНАЛ [SIGNAL]** расположена строка, степень затемнения которой характеризует готовность приёмника к работе. Сразу после включения приёмника эта строка не затемнена. В верхней части дисплея имеется надпись **ЖДИТЕ... ПОИСК СПУТНИКОВ [WAIT... TRACKING SATELLITES]**. По мере того, как приёмник захватывает сигналы всё большего количества спутников и получает со спутников всё больше информации, строка **СИГНАЛ [SIGNAL]** заполняется (темнеет) слева направо. Когда эта строка потемнела полностью, приёмник готов к работе: в верхней части дисплея появляется надпись **ГОТОВ К НАВИГАЦИИ [READY TO NAVIGATE]**. Под этой надписью указана оцененная приёмником ошибка определения планового местоположения, например 3 метра. Вид **Страницы Небосклона [Sky View Page]** в этом состоянии (статусе) приведён на рисунке 5.1. Переход в статус готовности к навигации обычно занимает несколько минут.

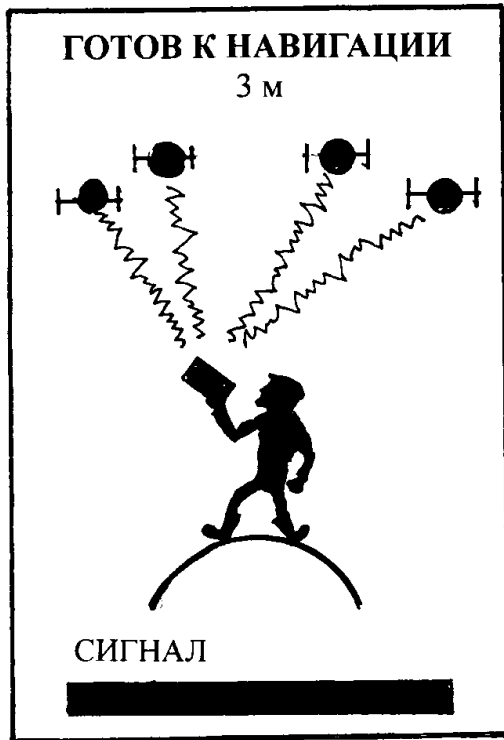


Рисунок 5.1. Страница небосклона.

Страница Небосклона [Sky View Page] имеет два подменю (две опции): **Настройка дисплея [Setup Display]** и **Улучшенный вид неба (небосклона) [Advanced Sky View]** - более детальный вид небосклона]. Выбор одного подменю из этих двух выполняется с использованием клавиш ВВЕРХ [UP] или ВНИЗ [DOWN], а также клавиши ENTER [ВВОД]. Подменю **Настройка дисплея [Setup Display]** и работа в этом подменю по регулированию контрастности и длительности подсветки дисплея описаны в разделе 3.

На странице подменю **Улучшенный вид неба (небосклона) [Advanced Sky View]** - более детальный вид небосклона] в графическом виде дана информация о положении наблюдаемых спутников на небосклоне относительно оператора и о мощности принимаемых сигналов. Вид страницы приведён на рисунке 5.2.

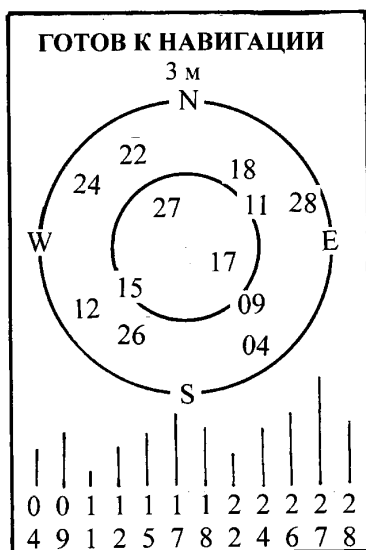


Рисунок 5.2. Улучшенный вид небосклона.

В центре дисплея дан граф небосклона. Он представляет собой две концентрические окружности с расположенными на их фоне тёмными оцифрованными прямоугольниками. Центр окружностей соответствует зениту того пункта, на котором находится оператор. Внешняя окружность представляет собой горизонт этого пункта. Внутренняя окружность - это геометрическое место точек небосклона, зенитное расстояние которых равно 45 градусам. Верхняя часть графа небосклона соответствует направлению на север. Каждый прямоугольник обозначает местоположение спутника GPS на небосклоне пункта наблюдения. Номер на прямоугольнике

соответствует номеру спутника. В нижней части дисплея расположены пронумерованные столбики разной высоты. Номер столбика соответствует номеру спутника, расположенного на графе небосклона. Высота столбика характеризует мощность сигнала, принимаемого от данного спутника. Чем выше столбик, тем мощнее принимаемый сигнал. Как правило, мощность тем больше, чем ближе к зениту расположен спутник.

Будучи активированной, страница **Улучшенного вида неба [Advanced Sky View]** замещает **Страницу Небосклона [Sky View Page]** в последовательности основных меню. Другими словами, если листать основные меню, то после **Страницы МЕНЮ [Main Menu]** будет появляться не **Страница Небосклона [Sky View Page]**, а страница **Улучшенного вида неба [Advanced Sky View]**. Оператор может вернуть **Страницу Небосклона [Sky View Page]** в последовательность основных меню.

5.2. Страница Карты [Map Page]

Эта страница позволяет оператору наглядно, в графическом виде оценить своё текущее местоположение относительно путевых точек [waypoints], то есть относительно тех точек, которые сохранены в памяти приёмника. Таким образом, это подменю даёт возможность осуществлять навигацию, используя данный графический вид. Пример **Страницы Карты [Map Page]** приведен на рисунке 5.3.

На дисплее отображены путевые точки с подписанными именами и символами (идентификаторами). Путевая точка под номером 003, к которой оператор движется (осуществляет навигацию), обозначена флажком. Текущее местоположение оператора обозначено в виде фигурки человека. Направление на север обозначено стрелкой-указателем с буквой N. По мере того, как оператор в ходе движения выполняет манёвры (повороты), направление стрелки-указателя меняется. Сплошной линией отображена траектория пути, пройденного с начала навигации, то есть с начала движения. Штриховой линией отображена рекомендуемая (прямая, кратчайшая) траектория движения (навигации) к пункту назначения, то есть к путевой точке 003. По мере движения оператора к выбранной им путевой точке [waypoint] изображение на дисплее поворачивается таким образом, что находящиеся впереди по курсу путевые точки отображаются впереди человеческой фигурки.

Графический масштаб изображения приведён в нижней части карты. Масштаб изображения имеется возможность изменять, используя клавиши ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN]. Чтобы увеличить масштаб карты, то есть, чтобы сделать изображение более детальным, нажимают клавишу ВНИЗ [DOWN]. Отобразится меньшая площадь с большим уровнем детализации. Чтобы уменьшить масштаб карты, нажимают клавишу ВВЕРХ [UP]. Отобразится большая площадь с меньшим уровнем детализации.

Страница Карты [Map Page] имеет пять подменю (пять опций): **Ориентир вперёд / на север [Orient Map Ahead / Northwards]**, **Автозум Включен / Выключен [Auto Zoom On / Off]**, **Скрыть точки [Hide Waypoints]**, **Показать строку курса / направления [Show Course / Bearing Line]** и **Закончить навигацию [Stop Navigation]**.

В подменю **Ориентир вперёд / на север [Orient Map Ahead / Northwards]** выбор опции ВПЕРЁД [AHEAD] ведёт к тому, что направление вверх по карте совпадает, как сказано, с направлением по курсу, а фигурка человека показывает текущее местоположение. Если же выбрана опция НА СЕВЕР [NORTHWARDS], то направление

вверх по карте совпадает с направлением на север; текущее же местоположение отображается в виде стрелки, указывающей направление движения.

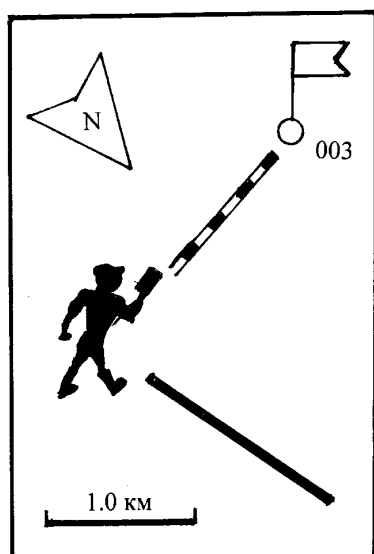


Рисунок 5.3. Страница карты.

В подменю **Автозум Включен / Выключен [Auto Zoom On / Off]** выбор опции **ВКЛЮЧЁН [ON]** ведёт к тому, что масштаб изображения на дисплее автоматически изменяется. Изменяется этот масштаб таким образом, что отображается весь маршрут движения (навигации). Если же выбрана опция **ВЫКЛЮЧЕН [OFF]**, то масштаб надо выбирать вручную, используя клавиши **ВВЕРХ [UP]** и **ВНИЗ [DOWN]**.

В подменю **Скрыть точки [Hide Waypoints]** можно убрать с дисплея имена и символы (идентификаторы)

путевых точек.

Опцию **Показать строку курса / направления [Show Course / Bearing Line]** используют, когда активирована процедура **ИДТИ К [GO TO – иди к..., иди по направлению к...]**, смотри раздел 8. Эту опцию используют для того, чтобы показать либо азимут (курс) на пункт назначения либо направление (пеленг) на этот пункт назначения. Азимут (курс) показывает направление на пункт назначения начиная с исходной точки движения (навигации). Направление (пеленг) показывает направление на пункт назначения, начиная с текущего местоположения оператора.

Опцию **Закончить навигацию [Stop Navigation]** используют для того, чтобы завершить процедуру навигации. Оператор завершает навигацию тогда, когда он прибыл в интересующую его путевую точку.

Как написано, в систему подменю данного меню выходят, нажав клавишу **ENTER [ВВОД]**. Интересующее подменю или интересующую строку меню (подменю) выбирают, работая клавишами **ВВЕРХ [UP]** и **ВНИЗ [DOWN]**. В вышележащее меню возвращаются, нажимая клавишу **PAGE [СТРАНИЦА]**.

Если в процессе навигации с использованием **Страницы Карты [Map Page]** на дисплее возникает мигающий знак вопроса, это означает, что на антенну приёмника приходят сигналы от недостаточного количества спутников - мешают окружающие оператора препятствия. Оператору необходимо переместиться на более открытое место.

5.3. Страница Указателя [Pointer Page]

Эта страница позволяет оператору осуществлять навигацию до выбранной им путевой точки, используя не графическую, а цифровую информацию о своём местоположении относительно этой путевой точки, то есть относительно выбранного оператором пункта назначения.

Изображение **Страницы Указателя [Pointer Page]** приведено на рисунке 5.4. Во время навигации на дисплее отображается имя пункта назначения, в данном случае 003. Отображаются также расстояние до этого пункта, в данном случае 1296 метров, и расчётное время движения до этого пункта, в данном случае 26 минут 40 секунд.

В центре расположена круговая шкала с рисками. Эти риски N, W, S и E обозначают направления на север, запад, юг и восток, а шкалу называют шкалой компаса. Стрелка, которую называют стрелкой указателя, в отличие от стрелки обычного компаса, указывает не направление на север. Стрелка указателя показывает текущее направление на пункт назначения. Символ пункта назначения, также, как и на странице карты, имеет вид флажка. Шкала компаса ориентирована в том направлении, в каком в данный момент перемещается оператор, то есть она ориентирована по пеленгу. Перемещаться же оператору следует в том направлении, куда указывает стрелка. Если стрелка направлена вверх, то есть её направление совпадает с направлением перемещения, то оператор движется к пункту назначения в правильном направлении.

В приёмнике *etrex* отсутствует опция магнитного компаса. Это значит, что приёмник способен указывать азимут (направление, пеленг) перемещения только тогда, когда оператор движется, а не стоит на месте. Кроме того, это значит, что оператор должен иметь при себе магнитный компас.

В нижней части страницы показана одна из выбранных оператором характеристик движения: скорость, одометр (пройденный с начала навигации путь), время в пути, время заката Солнца, время восхода Солнца, текущие координаты (геодезическая широта и геодезическая долгота), геодезическая высота, направление, курс, максимальная скорость, средняя скорость. На рисунке 5.4 в качестве такой приведена скорость. Возможно, удобнее использовать другую характеристику движения - текущие координаты: широту и долготу. Выбор интересующей характеристики движения выполняют с помощью клавиш ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN].

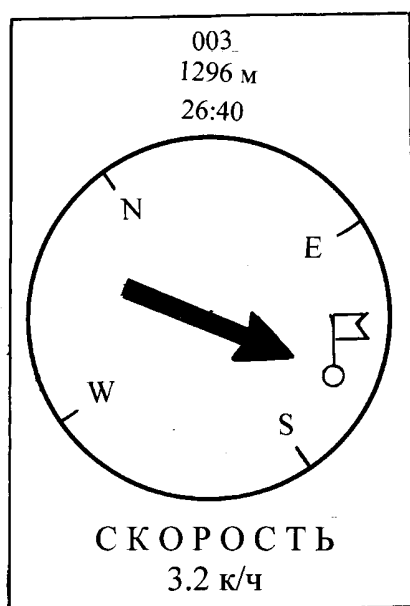


Рисунок 5.4. Страница указателя.

Страница Указателя [Pointer Page] имеет три подменю (три опции): **Очистить максимальную скорость [Reset Max Speed]**, **Очистить маршрут [Reset Trip]** и **Закончить навигацию [Stop Navigation]**.

В подменю **Очистить максимальную скорость [Reset Max Speed]** устанавливают нулевое значение (выполняют сброс) параметра Максимальная Скорость, зарегистрированную в ходе навигации.

В подменю **Очистить маршрут [Reset Trip]** устанавливают нулевое значение (выполняют сброс) следующих параметров: показание одометра, время в пути, средняя скорость движения.

В подменю **Закончить навигацию [Stop Navigation]** завершают процедуру навигации. Эта опция доступна только в двух случаях: если оператор работает в режиме

ИДТИ К [GO TO – иди к..., иди по направлению к...], смотри раздел 8, либо если активирован какой-либо маршрут, смотри подраздел 5.5.3. .

Как написано, в систему подменю выходят, нажав клавишу ENTER [ВВОД]. Интересующее подменю или интересующую строку меню (подменю) выбирают, работая клавишами ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN]. В вышележащее меню возвращаются, нажимая клавишу PAGE [СТРАНИЦА].

5.4. Страница Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]

На этой странице, также как и в нижней части **Страницы Указателя [Pointer Page]**, отображается путевая информация. Изображение **Страницы Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]** с установками по умолчанию приведено на рисунке 5.5. На дисплее имеется пять полей: РАССТОЯНИЕ [TRIP ODOM - пройденное с начала навигации расстояние], МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ [MAX SPEED], СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ [MOVING AVG], ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ [TIME – MOVING], ВРЕМЯ ОСТАНОВКИ [TIME – STOP]. Таково содержание этих полей, установленное по умолчанию. Оператор может по своему желанию изменить содержание каждого поля и, опять же по желанию, вернуться к установкам по умолчанию.

ПРОЙДЕНО 19342.5 м
МАКС. СКОРОСТЬ 4.3 к/ч
СРЕДНЕЕ ДВИЖЕНИЕ 3.4 к/ч
ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ 06:48:27
ВРЕМЯ ОСТАНОВОК 00:27:33

Рисунок 5.5. Страница дорожного компьютера.

Страница Дорожного Компьютера [Trip Computer Page] имеет одно подменю. Нажав клавишу ENTER [ВВОД], оператор получает возможность выполнить следующие операции: СБРОС МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ [**Reset Max Speed**], СБРОСИТЬ ВРЕМЯ [**Reset Time**], ИЗМЕНИТЬ ПОЛЯ [**Change Fields**], ВОССТАНОВИТЬ НАЧАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ [**Restore Defaults** – вернуться к установкам по умолчанию].

Использование опции СБРОС МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ [**Reset Max Speed**] обнуляет значение максимальной скорости на маршруте. Использование опции СБРОСИТЬ ВРЕМЯ [**Reset Time**] обнуляет время, затраченное на прохождение маршрута. Подменю (опция) ИЗМЕНИТЬ ПОЛЯ [**Change Fields**] даёт возможность, после того, как она выбрана и нажата клавиша ENTER [ВВОД], изменить содержание информации, представленной по умолчанию в каждом из пяти полей **Страницы Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]**. Можно сделать так, что на любом из этих полей вместо информации, представленной там по умолчанию, будут установлены другие характеристики движения: геодезическая широта, геодезическая долгота, геодезическая высота, скорость движения, время движения и другие характеристики. Например, в первом поле целесообразно расположить эллипсоидальные геодезические координаты: широту и долготу, во втором поле целесообразно расположить геодезическую высоту, в третьем поле целесообразно

расположить одометр - показатель пройденного пути. В остальных полях пользователь может установить удобные для него характеристики движения.

Использование опции ВОССТАНОВИТЬ НАЧАЛЬНЫЕ [**Restore Defaults** – вернуться к установкам по умолчанию] возвращает содержимое каждого из пяти полей **Страницы Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]** к их исходному состоянию, то есть к состоянию по умолчанию, приведённому на рисунке 5.5.

Как написано, в подменю выходят, нажав клавишу ENTER [ВВОД]. Интересующую строку меню (подменю) выбирают, работая клавишами ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN]. В вышележащее меню возвращаются, нажимая клавишу PAGE [СТРАНИЦА].

5.5. Страница МЕНЮ [Main Menu]

Это меню позволяет выполнять многочисленные операции: выбирать единицы, в которых представлены результаты (метры, футы, градусы и доли градуса, градусы, минуты и доли минуты, градусы, минуты, секунды и доли секунды), маркировать путевые точки, выбирать используемую систему координат, выбирать язык, на котором будет представлена информация, делать другие начальные установки. На дисплее имеется пять полей: ОТМЕТИТЬ [MARK], ТОЧКИ [WAYPOINTS - путевые точки], МАРШРУТЫ [ROUTES], ПУТИ [TRACKS] и НАСТРОЙКИ [SETUP]. Кроме того, в нижней части дисплея расположено шестое поле. В этом поле расположен индикатор заряда батарей (аккумуляторов), индикатор подсветки, даны дата и (поясное) время. Изображение **Страницы МЕНЮ [Main Menu]** приведено на рисунке 5.6.

ПРОЙДЕНО 19342.5 м
МАКС. СКОРОСТЬ 4.3 км/ч
СРЕДНЕЕ ДВИЖЕНИЕ 3.4 км/ч
ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ 06:48:27
ВРЕМЯ ОСТАНОВОК 00:27:33

Рисунок 5.6. Страница МЕНЮ.

Структура **МЕНЮ [Main Menu]** сложнее структуры описанных ранее меню. Поэтому в целях облегчения обучения структура **МЕНЮ [Main Menu]** приведена в виде графа на рисунке 5.7.

5.5.1. Подменю ОТМЕТИТЬ [MARK]

В этом подменю (меню) работают тогда, когда возникает необходимость ввести в память приёмника (маркировать) точку, на которой находится оператор.

Другими словами, эту опцию используют тогда, когда вводят в память приёмника путевую точку [waypoint].

5.5.2. Подменю ТОЧКИ [WAYPOINTS]

В этом подменю (меню) работают тогда, когда возникает необходимость работать с уже созданными путевыми точками [waypoints]. Именно в этом подменю работают в режиме навигации. Подробно о работе в режиме навигации написано в разделах 7 и 8.

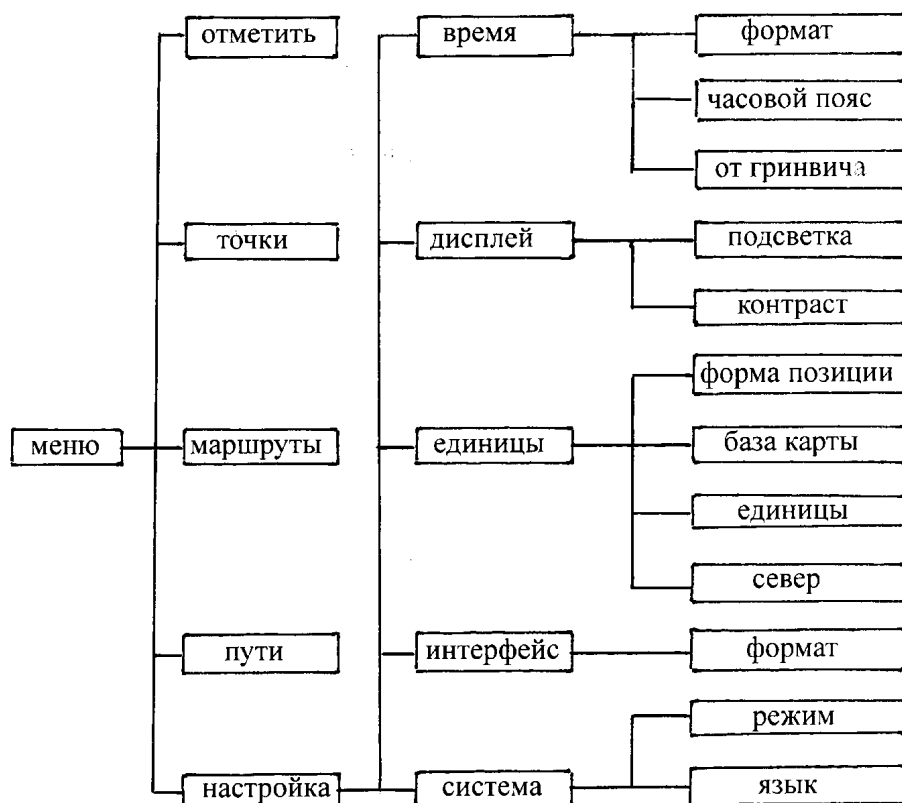


Рисунок 5.7. Структура МЕНЮ.

5.5.3. Подменю МАРШРУТЫ [ROUTES]

В этом подменю (меню) работают с путевыми точками, объединенными в пути [tracks].

5.5.4. Подменю ПУТИ [TRACKS]

В этом подменю (меню) работают тогда, когда у рекогносцировщика возникает необходимость объединить созданные или создаваемые им путевые точки [waypoints] в единый маршрут и/или путь. Такая необходимость объединения путевых точек у геодезиста возникает редко. Чаще эту опцию используют ходящие по определённым маршрутам геологи. Поэтому в данной методической разработке ограничимся тем, что рекомендуем обратиться к описанию работы приёмника, составленному фирмой изготовителем, либо «полазить» по меню «методом тыка».

5.5.5. Подменю НАСТРОЙКА [SETUP]

Поле этого подменю является пятым по порядку на **Странице МЕНЮ [Main Menu]**. Именно в этом подменю выполняют большую часть начальных установок приёмника. В это подменю пользователь входит, последовательно нажав клавишу ВНИЗ [DOWN] и клавишу ENTER [ВВОД]. То есть, оператор выполняет последовательность процедур **МЕНЮ [Main Menu] > НАСТРОЙКА [SETUP] >**.

Подменю ВРЕМЯ [TIME] даёт возможность выполнить следующие начальные установки: ФОРМАТ ВРЕМЕНИ [TIME FORMAT], ЧАСОВОЙ ПОЯС [TIME ZONE].

Строка ФОРМАТ ВРЕМЕНИ [TIME FORMAT] позволяет выбрать формат индикации времени в 12 часов либо в 24 часа. Строка ЧАСОВОЙ ПОЯС [TIME ZONE] позволяет выбрать часовой пояс, в котором работает оператор. Выбор осуществляют, выставив поправку относительно Гринвичского времени. Для долготы Москвы эта поправка равна + 3 часам.

Строка ДИСПЛЕЙ [DISPLAY] даёт возможность отрегулировать контрастность изображения на дисплее и время подсветки дисплея, также как описано в разделе 3.

Строка ЕДИНИЦЫ [UNITS] даёт возможность устанавливать единицы, в которых приёмник выдаёт данные: метры, футы, градусы и доли градуса, градусы, минуты и доли минуты, градусы, минуты, секунды и доли секунды. В этой строке выбирают также систему координат. Целесообразно выбрать WGS84. В этой же строке выбирают вариант направления на север: истинный или магнитный. Целесообразно выбрать вариант истинного севера.

Страница ИНТЕРФЕЙС [INTERFACE] даёт возможность выбрать ФОРМАТ [FORMAT] получения приёмником данных, транслируемых станциями глобальной сети навигации. Кроме того, используя эту опцию, пользователь имеет возможность работать в режиме дифференциальной навигации: DGPS - дифференциальной [differential] GPS. Этот вид навигации, то есть навигации в дифференциальном режиме [2], позволяет уменьшить ошибку определения местоположения с нескольких метров до нескольких дециметров. Осуществление навигации в дифференциальном режиме предполагает возможность приёма дифференциальных поправок [2]. Приём дифференциальных поправок можно осуществлять в формате NMEA – National Maritime Assotiation [Национальная Морская Ассоциация] (СИША), либо в формате RTCM – Radio Tecknical Commition for Marine [Services] [Морская радиотехническая комиссия]. На начальном этапе обучения работе с навигационным приемником целесообразно работать в нормальном (обычном) формате навигации, то есть выбрать формат GARMIN. Формат дифференциальной навигации целесообразно использовать на последующих этапах обучения.

Страница СИСТЕМА [SYSTEM] даёт возможность выбрать режим работы приёмника. Имеется возможность работать в НОРМАЛЬНОМ [NORMAL] режиме навигации, то есть, в режиме (формате) GARMIN. Имеется возможность обучаться работе с приёмником в демонстрационном режиме, как написано в разделе 4. И имеется возможность работать в режиме WAAS - Wide Area Augmentation System. В вольном, но по смыслу точном переводе, это означает «широкозонная система, увеличивающая возможности дифференциальной навигации».

Работа в режиме WAAS позволяет получать дифференциальные поправки с геостационарных спутников, то есть работать в режиме (формате) дифференциальной

навигации [2]. Это, как написано в предшествующем абзаце, позволяет уменьшить ошибку определения местоположения с нескольких метров до нескольких дециметров. На начальном этапе обучения работе с навигационным приемником целесообразно работать в нормальном (обычном) формате навигации, то есть выбрать режим НОРМАЛЬНЫЙ [NORMAL]. Режим WAAS дифференциальной навигации целесообразно использовать на последующих этапах обучения работы с навигационным спутниковым приёмником.

Страница (опция, подменю, строка) СИСТЕМА [SYSTEM] даёт также возможность выбрать язык, на котором приёмник выдаёт на дисплее информацию.

6. Выполнение начальных установок

Перед тем, как начать работу с навигационным спутниковым приёмником необходимо настроить его, то есть выполнить начальные установки. О выполнении начальных установок уже написано в предшествующих разделах. В этом разделе написанное собрано воедино и дано в нужной последовательности.

Прежде всего, как написано в разделе 3, устанавливают контрастность изображения на дисплее и длительность подсветки дисплея. Если начальные установки выполняют не на улице, а в помещении, то делать это следует в режиме имитации измерений, то есть в демонстрационном режиме, смотри раздел 4.

На **Странице Карты [Map Page]**, как описано в подразделе 5.2, выбирают направление ориентира либо вперёд, либо на север. Рекомендуется выбор ориентира вперёд. Далее выбирают либо автоматическую либо ручную регулировку масштаба изображения карты на дисплее. Рекомендуется выбор автоматической регулировки масштаба изображения.

На **Странице Указателя [Pointer Page]**, как описано в подразделе 5.3, обнуляют значение максимальной скорости и очищают маршрут, то есть обнуляют показание одометра (значение пройденного пути), обнуляют время в пути и обнуляют значение средней скорости движения.

На **Странице Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]**, как описано в подразделе 5.4, имеется возможность обнулить значение максимальной скорости и обнулить время в пути. Это делают, если по какой-либо причине эти величины не обнулили ранее на **Странице Указателя [Pointer Page]**. Кроме того, на **Странице Дорожного Компьютера [Trip Computer Page]** пользователь по своему желанию изменяет содержание полей. Вместо информации, представленной в этих полях по умолчанию, рекомендуется сделать так, чтобы в первом поле были расположены эллипсоидальные геодезические координаты: широта и долгота, во втором поле целесообразно расположить геодезическую высоту, в третьем поле целесообразно расположить одометр - показатель пройденного пути. В остальных полях пользователь может установить другие удобные для него характеристики движения.

На **Странице МЕНЮ [Main Menu]**, как описано в подразделе 5.5, в подменю **НАСТРОЙКА [SETUP]** устанавливают формат времени (12 или 24 часа), а также задают часовой пояс, в котором находится оператор. Выбирают единицы, в которой будут представлены результаты. Выбирают систему координат. Выбирают направление на

север: истинный или магнитный. В этом же подменю имеется возможность выбрать язык, на котором оператор желает общаться с приёмником.

7. Создание путевой точки

Работа с навигационным спутниковым приёмником основана на том, что создают и затем используют путевые точки [waypoints]. Находясь на пункте геодезической сети, рекогносцировщик создаёт путевую точку [waypoint]. Такие путевые точки создают на всех пунктах геодезической сети - на уже существующих пунктах и на местах тех пунктов, которые запланировано создать вновь. Термин «создать путевую точку» означает ввести в память приёмника координаты точки и идентификатор (номер, имя, название) этой точки. После того, как оператор создал путевую точку [waypoint], приёмник включает эту точку в список путевых точек [waypoints list]. Впоследствии из этого списка путевых точек выбирают ту конкретную путевую точку, к которой следует двигаться, то есть осуществлять навигацию.

Находясь в интересующем его пункте и желая создать путевую точку, оператор выходит на **Страницу МЕНЮ [Main Menu]**, выбирает опцию ОТМЕТИТЬ [MARK] и, нажав клавишу ENTER, входит в подменю ОТМЕТИТЬ ТОЧКУ [MARK WAYPOINT]. В нижнем поле дисплея даны геодезические координаты маркируемой путевой точки. В верхней части дисплея на фоне флага дан идентификатор путевой точки, который приёмник предлагает присвоить этой точке по умолчанию. Если оператора устраивает этот идентификатор, то он нажимает клавишу ENTER. Как правило, идентификатор путевой точки следует изменить. Чаще всего используют название пункта геодезической сети по каталогу, например ПАНЬКИНО. Чтобы ввести желаемый идентификатор путевой точки, клавишей ВВЕРХ [UP] выделяют поле с именем путевой точки и, нажав клавишу ENTER, получают возможность изменять (редактировать) название точки. Буквы в названии листают клавишами ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN]. Завершают процедуру, выделив клавишей ВНИЗ [DOWN] поле ДА [OK] и нажав клавишу ENTER. Таким образом создают путевую точку, находясь на интересующем пункте. Приёмник включает эту точку в список путевых точек [waypoints list]. Имеется возможность создать путевую точку для любого интересующего пункта, и не находясь на в пункте.

Чтобы создать путевую точку для любого пункта земной поверхности, достаточно знать координаты этого пункта. Координаты могут быть известны из каталога, из результатов выполненных ранее спутниковых наблюдений. Приблизённо эти координаты можно снять с карты. Путевую точку для произвольного пункта создают так же, как и путевую точку для пункта нахождения. Отличие состоит в том, что редактируют (изменяют) не только идентификатор пункта. Редактируют (изменяют) и координаты: геодезическую высоту, геодезическую широту и геодезическую долготу. Клавишами ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN] последовательно выделяют поле каждой координаты, нажимают клавишу ENTER, и опять же клавишами ВВЕРХ [UP] и ВНИЗ [DOWN] листают цифры в значениях координат до тех пор, пока не получают требуемые значения этих координат. Таким образом создают путевую точку для любого интересующего пункта. Приёмник включает эту точку в список путевых точек [waypoints list].

Описанную в этом разделе процедуру оператор выполняет, стоя на месте на интересующем пункте. Однако значительную часть работы оператор выполняет, находясь в движении, то есть осуществляя навигацию.

8. Работа в движении - навигация

Процедура навигации состоит в том, что оператор движется в выбранный заранее и обозначенный путевой точкой пункт, контролируя своё движение с помощью спутникового навигационного приёмника. Навигацию осуществляют, открыв **Страницу МЕНЮ [Main Menu]** и выйдя в подменю **ТОЧКИ [WAYPOINTS]** - путевые точки], смотри схему на рисунке 5.7. После нажатия клавиши ENTER на дисплее появляется список путевых точек [waypoint list]. Выбирают интересующую путевую точку и нажимают клавишу ENTER. На дисплее появляется страница путевой точки, содержащая строку ИДТИ К [GO TO]. После того, как оператор выделит эту строку и нажмет клавишу ENTER на дисплее появляется **Страница Указателя [Pointer Page]**. Используя эту страницу, как описано в разделе 5.3, пользователь и осуществляет навигацию. Пользователь может предпочесть осуществлять навигацию, используя **Страницу Карты [Map Page]**. Для этого на странице путевой точки имеется строка **КАРТА [MAP]**. Для того, чтобы завершить навигацию, выбирают опцию **Закончить навигацию [Stop Navigation]**, как описано в подразделах 5.2 и 5.3 и нажимают клавишу ENTER.

На странице путевой точки имеются строка, позволяющая удалить эту путевую точку, и строка **ОХОТ/РЫБ [HUNT/FISH]**. Опция **ОХОТ/РЫБ [HUNT/FISH]** позволяет получать рекомендации о целесообразных датах и времени для охоты и рыбалки в пункте назначения. На странице охоты и рыбалки имеется строка **СОЛНЦ/ЛУНА [SUN/MOON]**. Используя эту опцию, оператор получает информацию о времени восхода и захода Солнца и Луны в пункте назначения.

9. Состав лабораторных и практических работ

Во время осеннего и весеннего семестров студенты изучают методику работы с навигационным спутниковым приёмником. В ходе выполнения первой лабораторной работы студенты, выполняя наблюдения на пункте, создают путевую точку [waypoint]. В результате выполнения этой работы студенты представляют следующие материалы. 1. Ошибка определения местоположения. 2. Широта, долгота и высота точки. 3. Дата и момент времени выполнения наблюдений. В процессе второй лабораторной работы студенты, выполняя работу в движении, то есть, осуществляя навигацию, учатся двигаться к заданному пункту, на котором заранее создана путевая точка [waypoint]. Наиболее подходящим для преподавателей и студентов МИИГАиК местом выполнения этих работ является Голицынский сад (сад Баумана). В ходе учебной практики по высшей геодезии студенты, совершенствуя свои навыки в навигации, используют спутниковый приёмник при поиске, при обследовании и при рекогносцировке пунктов геодезической сети, в частности, при обследовании реперов. Студенты МИИГАиК выполняют эти работы на Заокском геодезическом полигоне.

Заключение

На примере приёмника *etrex* компании GARMIN описаны принципы эксплуатации спутникового навигационного приёмника в процессе выполнения рекогносцировки и обследования пунктов опорной геодезической сети. Освоение работы с приёмником во всех тонкостях и деталях возможно в процессе его эксплуатации под руководством опытного преподавателя.

Литература

1. Шануров Г.А., Мельников С.В. Технология создания опорной спутниковой геодезической сети. Полевое обследование и рекогносцировка пунктов опорной спутниковой геодезической сети. Методические указания. Москва. МИИГАиК. 2005 год. 12 страниц.
2. Шануров Г.А., Мельников С.Р. Геотроника. Учебное пособие. Москва. МИИГАиК. 2001 год. 136 стр.
3. Глумов В.П. Англо-русский словарь сокращения терминов радионавигации и морской геодезии. Glumov V.P. English-Russian Dictionary of Radionavigation and Marine Geodesy Abbreviations. Москва. МИИГАиК, НПО Геокосмос. 1994 год. 56 страниц.