

Новый ГНСС-модуль «ГеоС-3Е»

для системы ЭРА-ГЛОНАСС

производства ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ»

Рынок российского оборудования для системы ЭРА-ГЛОНАСС привлекает внимание как иностранных, так и российских производителей навигационных модулей. При этом далеко не все рекламируемые устройства удовлетворяют требованиям нормативных документов, предъявляемым к автомобильному оборудованию для систем ЭРА-ГЛОНАСС.

Новый ГНСС-модуль «ГеоС-3Е» разработан ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ» в полном соответствии с ГОСТ Р 54620-2011 (ЭРА-ГЛОНАСС). Модуль «ГеоС-3Е» может работать в одном из трех режимов: «Только ГЛОНАСС», «Совместно ГЛОНАСС плюс GPS», «Только GPS». Он имеет встроенную функцию RAIM, поддерживает систему координат ПЗ-90.11 и обеспечивает установку минимального угла возвышения спутников.

Базовый чип модуля GS3001MP-100 также разработан ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ». Его использование является гарантией того, что в непростых современных условиях импортозамещения изготовитель конечного оборудования не будет иметь проблем с комплектацией.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

Набор основных требований, предъявляемых к навигационному модулю автомобильного оборудования ЭРА-ГЛОНАСС

Российская государственная система экстренного реагирования при авариях на автомобильном транспорте ЭРА-ГЛОНАСС введена в промышленную эксплуатацию с 1 января 2015 г. в соответствии с федеральными законами № 395-ФЗ, № 235-ФЗ и постановлением Правительства РФ от 26.12.2014 № 1530 [1][3].

Схема, поясняющая принцип работы ЭРА-ГЛОНАСС, приведена на рис. 1 [1].

Автомобильная система (АС) для ЭРА-ГЛОНАСС содержит два основных блока: навигационный ГНСС-модуль и коммуникационный модуль GSM/UMTS. Навигационный модуль (НМ) постоянно определяет координаты транспортного средства (ТС). В случае аварии по сигналу датчиков движения срабатывает аварийная система, и модуль GSM/UMTS передает минимальный набор данных (координаты, параметры ТС, состояние пассажиров) в центр обработки звонков (ЦОЗ).

Требования, предъявляемые к оборудованию ЭРА-ГЛОНАСС, устанавливаемому на автомобильном транспорте, регламентируются ГОСТ Р 54620-2011 (редакция №1 от 01.09.2012) [4].

К автомобильному навигационному приемнику оборудования ЭРА-ГЛОНАСС предъявляются следующие требования [4]:

- навигационный модуль (НМ), входящий в состав автомобильной системы (АС),

может быть как встроенным в АС, так и внешним по отношению к ней (встроен в другой электронный блок, установленный на транспортном средстве);

- НМ должен принимать и обрабатывать сигналы стандартной точности в диапазоне частот L1 ГНСС ГЛОНАСС;
- НМ может принимать и обрабатывать сигналы других ГНСС (например, GPS);
- НМ должен предоставлять возможность определения навигационных параметров с использованием сигналов только навигационной системы ГЛОНАСС;
- НМ должен использовать функцию RAIM для определения тех спутников, информацию с которых нельзя применять при расчетах навигационных характеристик;
- НМ должен обеспечивать определение навигационных параметров в системах координат ПЗ-90.11 или WGS-84 (предпочтительно использовать систему координат ПЗ-90.11);
- предельные погрешности не должны превышать плановые координаты в 15 м, высоту 20 м, вектор скорости 0,1 м/с (при доверительной вероятности 0,95);
- указанные требования по точности должны обеспечиваться в диапазоне скоростей от 0 до 250 км/ч и в диапазоне линейных ускорений от 0 до 2g при условии наличия краткосрочных вертикальных ускорений от 0 до 5g и при значениях пространственного геометрического фактора не более 4;
- минимальный временной интервал обновления обсервационных данных должен быть не более 1 с;

- время восстановления слежения за сигналами рабочего созвездия НКА после потери слежения за ними на время до 60 с должно быть не более 5 с после восстановления видимости НКА;
- время до получения приемником ГНСС первого после включения зажигания навигационного решения должно быть не более 60 с;
- НМ должен обеспечивать поиск (обнаружение) сигналов ГНСС при уровне полезного сигнала на антенном входе (на входе антенного усилителя) –163 дБВт, слежение за сигналами ГНСС и выдачу навигационного решения при уровне полезного сигнала на антенном входе (на входе антенного усилителя) –188 дБВт;
- минимальный угол возвышения (угол отсечки) навигационных спутников должен устанавливаться из заданного в приложении А (ГОСТ Р 54620-2011) диапазона значений;
- НМ должен обеспечивать режим тестирования с использованием формата NMEA-0183 и исключения недостоверных измерений (функция RAIM).

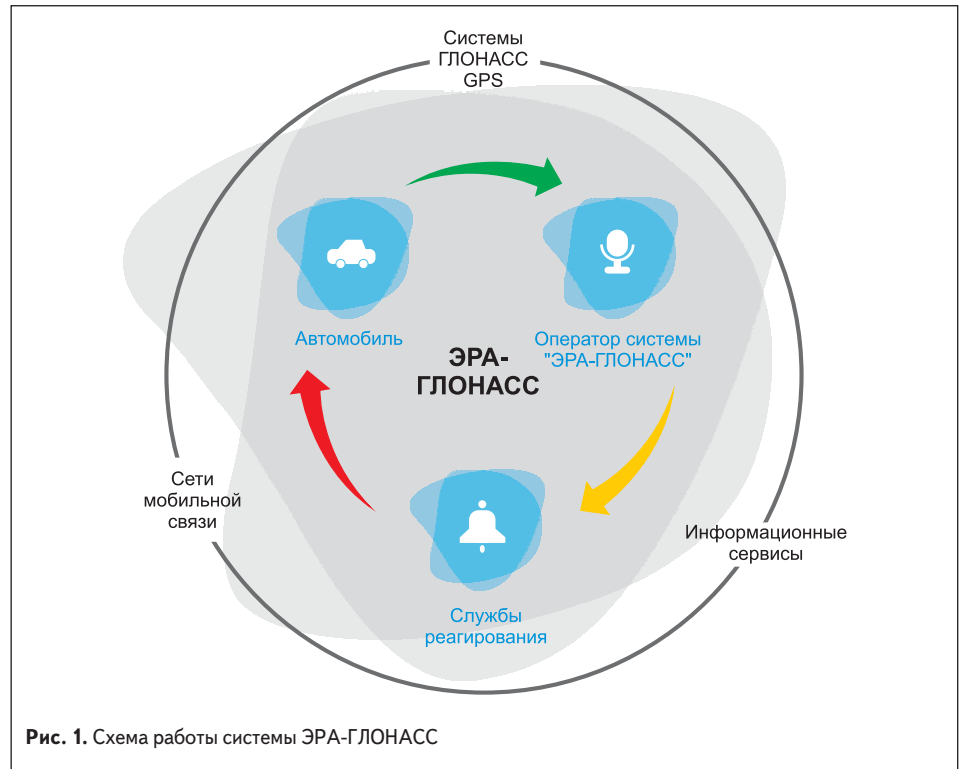


Рис. 1. Схема работы системы ЭРА-ГЛОНАСС

Основные технические характеристики ГНСС-модуля «ГеоС-3Е»

ГНСС-модуль «ГеоС-3Е», производства ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ» предназначен для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном времени в автономном и дифференциальных режимах, формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием по последовательным портам RS232.

В модуле «ГеоС-3Е» используются две независимые линии обработки сигналов спутников ГЛОНАСС и GPS, в которых реализован метод параллельного приема и обработки по 32 измерительным каналам сигналов СНС ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 (СТ-код) и GPS/SBAS на частоте L1 (С/А-код). Структурная схема «ГеоС-3Е» показана на рис. 2 [5].

Модуль «ГеоС-3Е» изготовлен на базе чипа GS3001MP-100, разработанного ДЦ «ГеоСтар навигация». Чипсет, построенный с использованием технологии «система в корпусе», содержит кристалл ВЧ (входной радиочастотный блок), цифровой кристалл (навигационный процессор с ядром ARM), ВЧ ПАВ-фильтр, энергонезависимую память (флэш-память объемом 4 Мбайт). Чип изготовлен в корпусе LFBGA100 размерами 10×10 мм. На плате модуля расположились базовый чип, кварцевый генератор и RLC.

Сигнал от спутника, принятый входной антенной, поступает в аналоговый блок обработки «RF front-end», в котором происходит усиление и первичная обработка аналогового сигнала. Далее сигнал передается на АЦП, где

преобразуется в цифровую форму. Потом сигнал поступает в цифровой блок модуля, включающий в себя аппаратный коррелятор и мощный процессор, координирующий работу составляющих ГНСС с внешними устройствами и между собой. В модуле реализован коррелятор с универсальными каналами и машинами быстрого поиска. Поэтому время, необходимое на синхронизацию по навигационному кадру, практически не тратится. Сигнал сразу после обнаружения направляется в один из каналов обработки.

В модуле «ГеоС-3Е» имеются часы реального времени (RTC на рис. 2), использующиеся для контроля энергосберегающих режимов работы модуля. Для хранения эфемерид и других

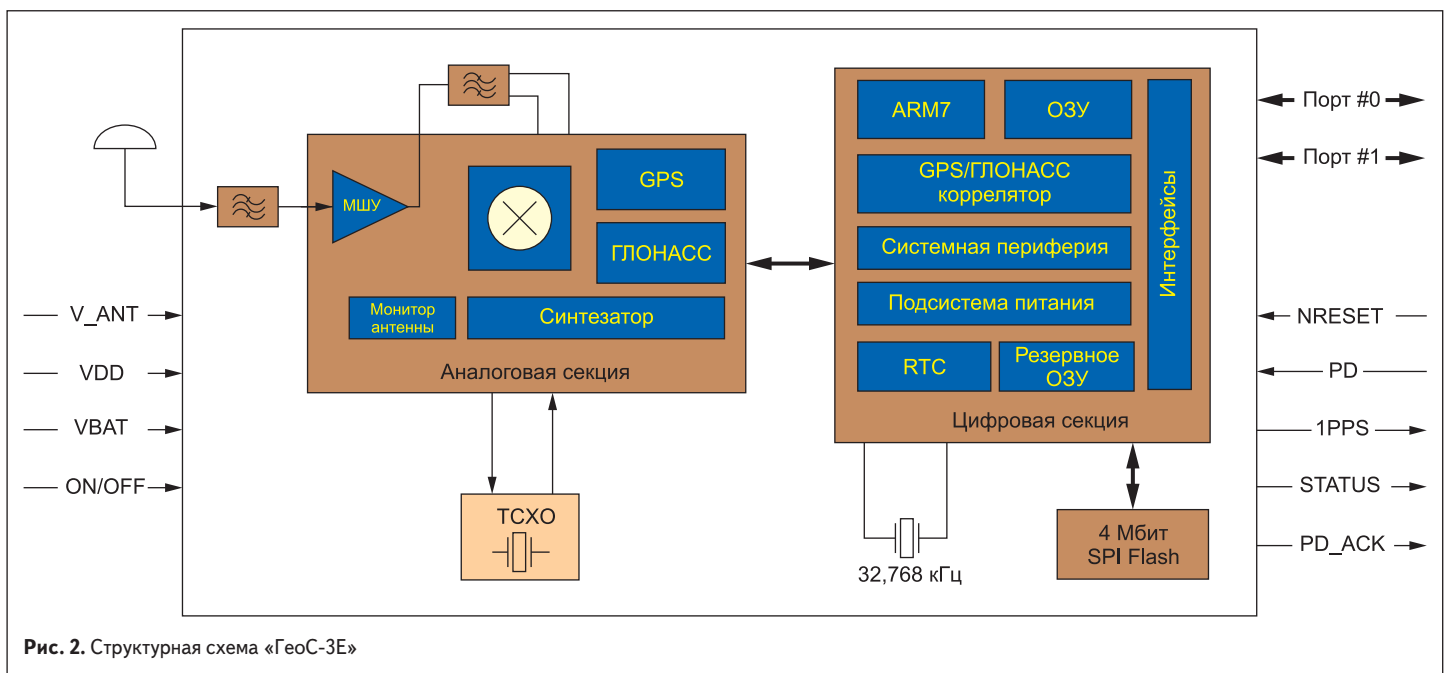


Рис. 2. Структурная схема «ГеоС-3Е»

Таблица 1. Основные технические характеристики модуля «ГеоС-3Е»

| Параметр | | Значение или обозначение параметра | Примечания |
|---|--|------------------------------------|--|
| Количество каналов | | 32 | - |
| Сигналы | | L1 GPS C/A, L1 ГЛОНАСС СТ, SBAS | - |
| Погрешность определения плановых координат, м, не более | в автономном режиме | 2,5 | СЕР 50%, уровни сигналов -130 дБмВт, HDOP < 2, VDOP < 3, скорость не более 30 м/с |
| | SBAS | 2 | |
| | в дифференциальном режиме | 1,5 | |
| Погрешность определения высоты (автономный режим), м, не более | | 3,5 | |
| Погрешность определения плановой скорости (автономный режим), м/с, не более | | 0,03 | СКО, уровни сигналов -130 дБмВт, HDOP < 2, VDOP < 3, скорость не более 30 м/с |
| Погрешность секундной метки времени, нс, не более | | 30 | СКО, уровни сигналов -130 дБмВт, HDOP < 2, VDOP < 3 |
| Время до первого местоопределения, с, не более | при холодном старте | 28 | |
| | при теплом старте | 25 | |
| | при горячем старте | 2 | |
| | при повторном захвате (после блокирования сигналов на время до 60 с) | 4 | |
| Чувствительность, дБмВт | при обнаружении, холодном старте | 143 | Внешний МШУ. Эквивалентная шумовая температура (источник шума+МШУ+приемник) ~ -400 К |
| | при слежении и навигации, в статике | 160 | |
| | при слежении и навигации, в динамике (30 м/с, 0,5 м/с ²) | 159 | |
| Динамика | ускорение, г, не более | 3 | Уровни сигналов -125 дБмВт |
| | максимальная скорость, м/с | 515 | |
| | максимальная высота, м | 18 000 | |
| Темп выдачи выходных данных, Гц | | 1/2/5/10 | |
| Интерфейсы | | TX0, RX0, TX1, RX1, LVCMOS | |
| Размеры (Д×Ш×В), мм | | 22,1×15,9×2,8 | |
| Масса, г, не более | | 2 | |
| Диапазон рабочих температур, °С | | -40...+85 | |

данных, необходимых для реализации теплового и горячего старта, в модуле предусмотрено резервное ОЗУ.

Встроенное программное обеспечение, а также параметры режимов работы, альманахи и служебная информация записываются в флэш-память модуля объемом 4 Мбайт. Технические характеристики модуля приведены в табл. 1.

Модуль управляется с помощью бинарных или NMEA-сообщений.

«ГеоС-3Е» может работать в одном из трех вариантов выбора сигналов спутниковых навигационных систем (СНС), которые выбираются с помощью бинарного сообщения «0х42» или NMEA-сообщений:

- работа только с сигналами спутников ГЛОНАСС (\$GPSGG,NVSGLN*66);
- работа с сигналами спутников ГЛОНАСС плюс GPS (\$GPSGG,NVSMIX*7F);



Рис. 3. Внешний вид навигационного модуля «ГеоС-3Е»

- работа только с сигналами спутников GPS (\$GPSGG,NVSGPS*67).

Переключение вариантов работы со спутниковыми системами реализуется в «ГеоС-3Е» с помощью бинарного сообщения «0х42» или NMEA-сообщения:

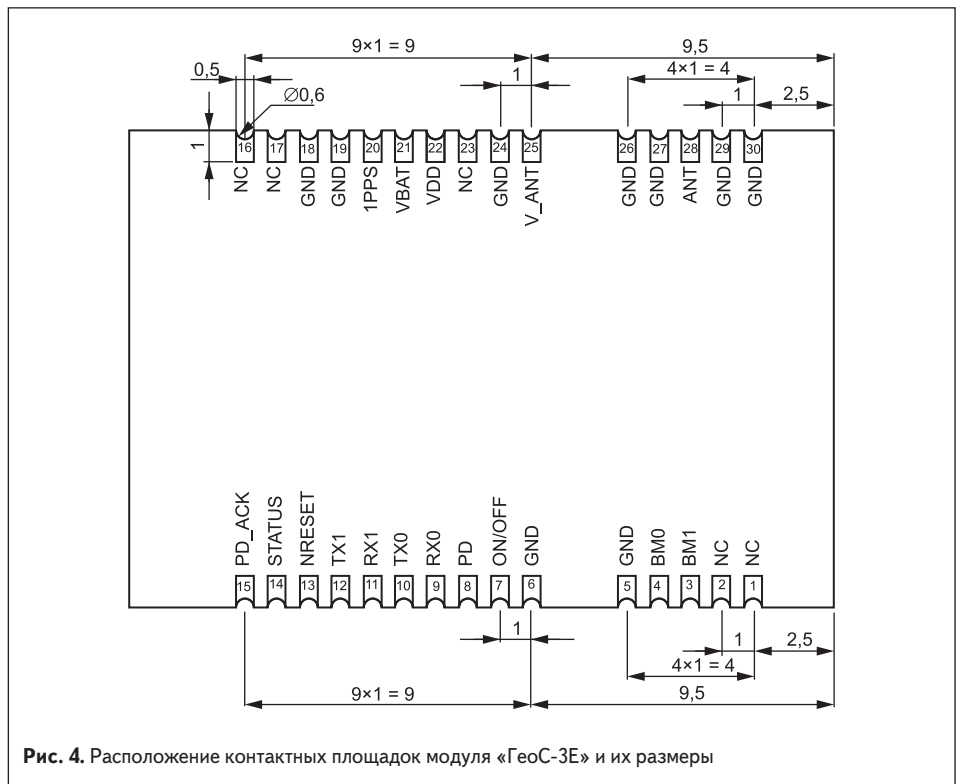


Рис. 4. Расположение контактных площадок модуля «ГеоС-3Е» и их размеры

\$GPSGG,NVSGPS*67; \$GPSGG,NVSGLN*66; \$GPSGG,NVSMIX*7F.

По основным параметрам (чувствительность, погрешности, время старта, время обновления, время восстановления) модуль «ГеоС-3Е» полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 54620-2011.

От предыдущей версии «ГеоС-3» новый модуль отличается лишь напряжением питания, равным 3,3 В. У модуля «ГеоС-3» было два напряжения питания: основное и питание вводов-выводов. Основное (ядро) у «ГеоС-3» составляет 1,8 В. Одно питание в «ГеоС-3Е» исключает необходимость использования преобразователя 1,8 В из 3,3 В, который требовался при работе с «ГеоС-3».

Кроме того, в модели «ГеоС-3Е» применена модернизированная система помехозащиты с использованием дополнительного ПАВ-фильтра.

Новое программное обеспечение «ГеоС-3Е» полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 54620-2011.

По сравнению с предыдущей версией в новом ПО «ГеоС-3Е» добавлены следующие функции:

- поддержка системы координат ПЗ-90.11 (государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года»);
- реализация NMEA команды выбора систем координат ПЗ-90.11 или WGS-84;
- реализация NMEA-команды установки угла отсечки;
- реализация NMEA-команд выбора ГНСС (только ГЛОНАСС, только GPS, ГЛОНАСС+GPS);
- верхняя граница ускорения до 2g включительно в автомобильном профиле динамики потребителя.

Конструктивно модуль «ГеоС-3Е» выполнен в виде печатной платы с односторонним монтажом элементов, закрытой металлическим электромагнитным экраном. Ее габариты — 22,1×15,9×2,8 мм. Внешний вид модуля представлен на рис. 3.

На рис. 4 показаны расположение контактных площадок модуля и их размеры.

В «ГеоС-3Е» реализованы следующие интерфейсы и сигнальные линии, выведенные на контактные площадки, которые расположены по двум сторонам модуля (см. рис. 2):

- антенный ввод ANT;
- телеметрия и питание активной антенны V_ANT;
- основное питание VDD;
- резервное питание VBAT;
- дистанционное включение/выключение модуля ON/OFF;
- последовательный порт #0;
- последовательный порт #1;
- перезагрузка NRESET;
- выход из режима энергосбережения PD;
- секундная метка времени 1PPS;
- индикатор состояния модуля STATUS («ПОИСК», «НАВИГАЦИЯ», «НЕНОРМА»);
- контроль состояния «Активность/Сон» PD_ACK.

Модуль «ГеоС-3Е» имеет одно основное напряжение питания (вывод VDD), равное 3,3 В, при допустимом уровне пульсаций не больше 50 мВ в размахе. Для работы приемника в режимах теплого и горячего старта на вывод VBAT подключается внешний источник резервного питания.

Включение и выключение модуля реализуются с помощью логического сигнала на выводе ON/OFF (1 — вкл, 0 — выкл).

Модуль может работать как с пассивной, так и с активной антенной. При этом активная должна обеспечивать дополнительное усиление не более 25 дБ.

Напряжение на выводе V_ANT находится в диапазоне 1,8–3,6 В. В цепь питания антенны встроен монитор ее состояния. В зависимости от тока в этой цепи формируются сообщения, характеризующие режимы работы антенны: «Измерения не производятся», «Антенна перегружена», «Антенна не подключена» и «Норма».

Модуль «ГеоС-3Е» имеет два независимых последовательных порта с сигналами TX, RX. Скорость передачи данных составляет: 4800, 9600, 19 200, 38 400, 57 600, 115 200, 230 400, 460 800, 921 600 бит/с. Число стоповых бит: 1 или 2. Бит четности: не формируется, формируется как бит четности, формируется как бит нечетности, всегда «0», всегда «1».

Модуль может быть подключен к внешнему устройству в одном из трех различных вариантов. Пример подключения ГНСС-модуля «ГеоС-3Е» к портам ASC0, ACS1 модуля мобильной связи EHS5 представлен на рис. 5.

В одном случае порты #0 и #1 модуля «ГеоС-3Е», по которым передаются навигационные данные соответственно в бинарном формате и в формате NMEA, подключаются к соответствующим портам внешнего устройства, такого, например, как WWAN-модуль с двумя последовательными портами.

В двух других случаях на основной последовательный порт внешнего устройства поступают либо бинарные, либо NMEA-данные.

Оба порта программируются индивидуально с помощью бинарных либо NMEA сообщений (скорость приема/передачи, количество стоповых бит, бит четности, бит нечетности).

Одним из важных требований ГОСТ Р 54620-2011 является поддержка автономного контроля целостности обрабатываемой навигационной информации в навигационном приемнике — Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM). Основная задача RAIM заключается в контроле достоверности навигационных сигналов путем обнаружения отказа FD (Failure Detection) и в исключении из навигационного решения аномального измерения FI (Failure Identification). Использование RAIM позволяет предотвратить ошибки вычисления координат, скорости и высоты, обусловленные ионосферными, тропосферными, метеорологическими эффектами, отражением сигналов спутников в условиях плотной городской застройки, искажениями от линий электропередач а также другими аналогичными явлениями.

Основные функции RAIM:

- обнаружение неустойчивых сигналов конкретного спутника;
- расчет текущей ошибки определения координат и ее сравнение с максимально допустимым значением;
- формирование и выдача сообщения о недопустимом сигнале;
- исключение сигналов с ошибкой, превышающей максимально допустимое значение из решения навигационной задачи (НЗ).

В RAIM используется метод обработки сигналов избыточного спутника. Например, для вычисления координат необходимы данные как минимум от четырех спутников. В упрощенном виде алгоритм RAIM подразумевает несколько независимых вычислений, результаты которых сравниваются между собой. Путем рас-

четов определяются четыре надежных сигнала от конкретных спутников. Дополнительные расчеты проводятся с привлечением пятого спутника. Если погрешность повторных вычислений превышает максимально допустимое значение, то сигналы пятого спутника считаются недостоверными в данной точке в данное время и не учитываются при решении НЗ. Современные реальные алгоритмы RAIM значительно сложнее.

Раздел требований к ГНСС-модулю в ГОСТ Р 54620-2011 содержит пункт о необходимости режима тестирования. Модуль «ГеоС-3Е» поддерживает режим самотестирования состояния основных блоков и передает результаты в бинарном сообщении «0x21» или NMEA-сообщении \$GPSGG,RQUERY с частотой 1 Гц.

Результаты тестирования включают следующие данные:

- телеметрия PLL (аналоговой части модуля);
- телеметрия антенны;
- телеметрия усиления ГЛОНАСС (аналоговой части модуля);
- телеметрия усиления GPS (аналоговой части модуля);
- результат теста RTC (тестирование выполняется при включении питания);
- результат теста резервного ОЗУ (тестирование выполняется при включении питания).

Немаловажное значение имеет раздел ГОСТ [4] о необходимости контроля угла отсечки космических аппаратов (КА). В модуле «ГеоС-3Е» имеется возможность установки маски угла отсечки КА с помощью бинарного сообщения «0x43» или NMEA-сообщения \$GPSGG,ELEV.

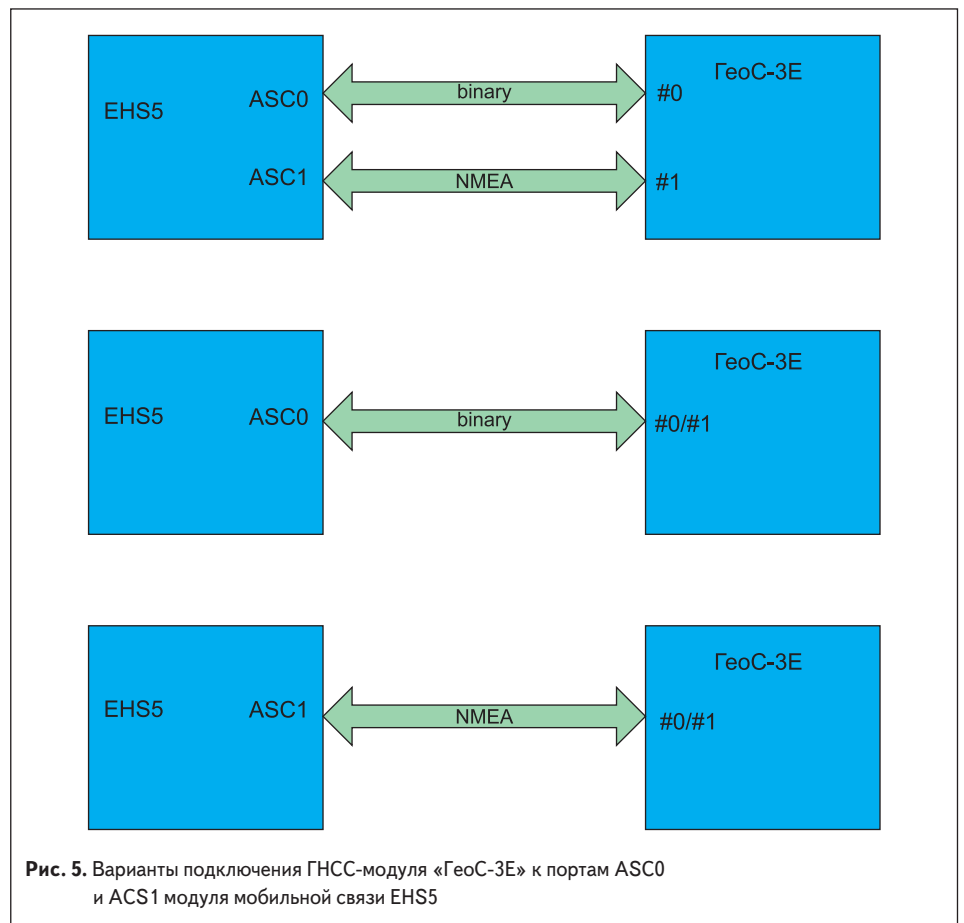


Рис. 5. Варианты подключения ГНСС-модуля «ГеоС-3Е» к портам ASC0 и ACS1 модуля мобильной связи EHS5

Спутники с углом отсечки меньше заданной маски в решении НЗ не используются.

Модуль «ГеоС-3Е» может проводить расчет навигационных определений с применением международной геоцентрической системы координат WGS-84 или российской государственной геоцентрической системы координат ПЗ-90.11, что соответствует требованиям ГОСТа [4], предъявляемым к навигационному модулю.

Постановлением Правительства РФ от 28.12.2012 № 1463 [9] общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года — ПЗ-90.11» принята в качестве единой государственной системы координат для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Выбор системы координат осуществляется с помощью бинарного сообщения «0x42» или NMEA-сообщения GPSSG,DATW84*62, GPSSG,DATP90*60.

Модуль «ГеоС-3Е» может работать в следующих режимах:

- автономном;
- дифференциальных;
- с фиксацией координат (временные приращения);
- энергосбережения.

При работе в автономном режиме навигационная задача по умолчанию решается в режиме 3D. Если число зарегистрированных спутников недостаточно для решения НЗ, модуль может перейти в режим 2D.

В том случае, когда происходит потеря связи со спутниками, модуль продолжает вычислять координаты с использованием алгоритма экстраполяции. И тогда в течение 1–10 с «ГеоС-3Е» продолжит выдавать данные местоположения, которые получены из теоретических расчетов, основанных на последнем значении вектора скорости. Параметры данного варианта задаются бинарным сообщением «0x43».

Это же сообщение «0x43» используется и для выбора профиля движения: пешеход, автомобиль, морское судно, самолет.

Модуль «ГеоС-3Е» поддерживает работу с дифференциальными поправками двух типов. В одном случае используются корректирующие наземные базовые станции (RTCM), на кото-

рых установлены прецизионные приемники GNSS, непрерывно обрабатывающие данные всех навигационных спутников. Координаты этих корректирующих станций определяются с высокой точностью. Модуль «ГеоС-3Е» поддерживает режим дифференциальной коррекции в соответствии со стандартом RTCM SC 104 v2.3. Модуль принимает по последовательному порту #1 сигналы, формируемые наземной контрольно-корректирующей станцией. В данном режиме передаются значения поправок, относящиеся к измерениям псевдодалности по сигналам GPS и ГЛОНАСС, поправки RTK, а также скорость изменения поправок.

В другом варианте работы в дифференциальном режиме используются геостационарные спутники (SBAS), ретранслирующие сигнал корректирующих станций на большие территории. Через спутники SBAS передаются данные о целостности навигационной информации, параметры коррекции, номера корректируемых спутников, оценка медленно меняющихся ошибок эфемерид, номера точек ионосферной сетки, значения вертикальных задержек и другие служебные параметры.

Возможны три варианта настройки работы «ГеоС-3Е» в дифференциальном режиме, устанавливаемые бинарными сообщениями:

- посредством корректирующих сигналов RTCM или SBAS в зависимости от их наличия и качества (приоритет у RTCM на порту #1);
- с помощью корректирующих сигналов только RTCM;
- с использованием корректирующих сигналов исключительного SBAS.

Модуль «ГеоС-3Е» может работать в режиме фиксированных координат, когда предполагается неподвижное состояние ГНСС. Переход в такой режим реализуется сообщением «0x42». При этом используются трехмерные координаты, которые передаются модулю в составе инициализирующих данных в бинарном формате «0x40». В этом режиме модуль формирует секундную метку времени (1PPS) и вычисляет смещение, а также скорость ухода своей шкалы времени.

Модуль «ГеоС-3Е» поддерживает два режима энергосбережения: RELAXED FIX и FIX-BYREQUEST.

Возможны следующие состояния модуля «ГеоС-3Е»:

- «Выключен» — приемник обесточен. Целевая функция получения навигационных данных (ЦФПНД) не выполняется. Ток по цепи VDD — 200 мкА.
- «Резерв» — приемник обесточен. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VBAT 8 мкА.
- «Обнулен» — питание подано. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VDD 19 мА.
- «Активен» — питание подано. ЦФПНД выполняется. Ток по цепи VDD 59 мА.
- «Сон» — питание подано. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VDD 5,5 мА.

В режиме RELAXED FIX модуль самостоятельно чередует по заданному алгоритму состояния «Сон» и «Активен» и может выдавать навигационные данные в замедленном темпе с частотой значительно ниже стандартной (1 Гц). Следует отметить, что темп выдачи данных в «ГеоС-3Е» может быть установлен равным 1, 2, 5 или 10 Гц.

Режим FIX-BY-REQUEST реализуется как переход из состояния «Сон» в состояние «Активен» по запросу пользователя в тех случаях, когда нужны результаты навигационных определений. Модуль осуществляет обнаружение сигналов, решает НЗ, выдает координаты пользователю и далее самостоятельно переходит в «Сон».

Для перехода в режим FIX-BY-REQUEST могут быть использованы логический вывод PD, а также соответствующие бинарные или NMEA-сообщения по портам #0 и #1.

В состоянии «Сон» ток потребления модуля составляет 4 мА, в состоянии «Активен» — 41 мА.

Управление режимами энергосбережения осуществляется с помощью бинарных сообщений: «0x47» — установка параметров и «0xС4» — включение/выключение пониженного энергопотребления.

Контролировать состояния режима работы можно с помощью вывода PD_ACK: 0 — «Сон», 1 — «Активен».

В обоих режимах энергосбережения приемник самостоятельно переходит в состояние «Активен» через каждые 15 мин для обновления ряда внутренних параметров и через каждые 30 мин для обновления эфемерид. Подробное описание работы модулей «ГеоС-3Е» в различных режимах приведено в работе [5].

Для запуска модуля в работу в минимальной конфигурации достаточно подать питание 3,3 В, а также подключить антенну и последовательные порты RX0, RX1, TX0, TX1 (рис. 6).

Протоколы работы модуля «ГеоС-3Е»

В модулях «ГеоС» поддерживаются два информационных протокола — бинарный и NMEA. Данные в обоих протоколах выдаются приемником одновременно, каждый по своему порту. По умолчанию в порт # 0 выдаются данные бинарного протокола, а в порт # 1 поступают NMEA-сообщения. При

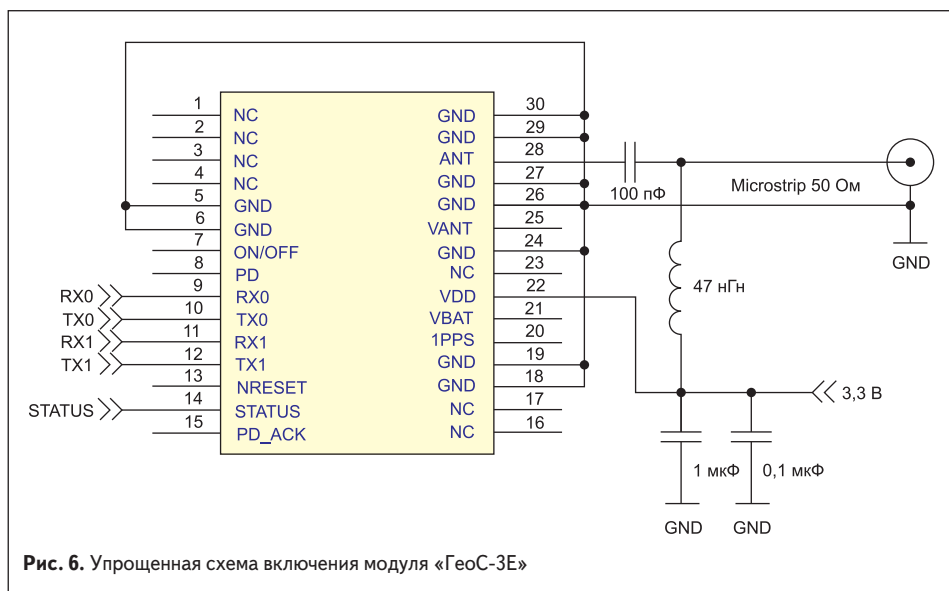


Рис. 6. Упрощенная схема включения модуля «ГеоС-3Е»

Таблица 2. Комбинации распределения информационных протоколов по портам #0 и #1 модуля «ГеоС-3Е»

| Номер варианта | Порт #0 | Порт #1 |
|----------------|----------|----------|
| 1 | Бинарный | NMEA |
| 2 | NMEA | Бинарный |
| 3 | NMEA | NMEA |
| 4 | Бинарный | RTCM |
| 5 | NMEA | RTCM |

этом протоколы не привязаны жестко к портам и их можно менять. Для переключения в NMEA-протокол из бинарного используется сообщение «0x46», а в бинарный из NMEA — сообщение \$GPSGG,SWPROT*75.

Возможны пять комбинаций распределения информационных протоколов по портам #0 и #1 (табл. 2).

Бинарный протокол содержит детальный набор выходных данных, включая сырую измерительную информацию, альманахи и эфемериды. Этот протокол используется для программирования режимов работы модуля и его портов. Кроме того, через него производится формирование установок, запросов на выдачу данных, команд управления, а также обновление встроенного ПО приемника. Протокол включает в себя как входные, так и выходные сообщения. Подробно бинарный протокол модуля «ГеоС-3Е» описан в работе [7].

NMEA-протокол модуля поддерживает семь стандартных сообщений [8]:

- GGA — данные местоположения;
- GLL — географические координаты — широта/долгота;
- GNS — данные местоположения GNSS;
- GSA — геометрический фактор ухудшения точности и активные спутники;
- GSV — видимые спутники;
- RMC — минимальный рекомендованный набор данных;
- VTG — скорость и курс относительно Земли;
- ZDA — Время и дата.

Кроме того, в модуле «ГеоС-3Е» поддерживаются нестандартные NMEA-сообщения, с помощью которых можно изменять формат передачи данных и программировать порты. В качестве примера таких сообщений можно привести SWPROT (переключение в бинарный протокол), SAVEFL (сохранение альманахов во флэш), CSTART (холодный старт), WSTART (теплый старт), RQUERY (версия ПО, телеметрия и конфигурация приемника), NQUERY (состав и темп выдачи NMEA-сообщений).

Стандартные сообщения модуля «ГеоС-3Е» поддерживают версии NMEA 0183 v2.x и v3.x. В версии v2.x используется только преамбула GP, а сообщение GNS не формируется.

Версия v3.x реализует преамбулы GP, GN, GL в зависимости от используемой спутниковой системы. При этом формируется сообщение GNS.

Если приемник работает в совмещенном режиме (GPS+ГЛОНАСС), то преамбула GN добавляется к сообщениям GGA, GNS,

GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA. В этом варианте формируются две строки GSA отдельно для ГЛОНАСС и для GPS. Сообщение GSV всегда делится на две части. Первыми передаются данные по спутникам GPS с преамбулой GP, а потом данные по спутникам ГЛОНАСС с преамбулой GL.

Пример NMEA-сообщения для совмещенного режима (GPS+ГЛОНАСС):

```
$GNNGGA,123217.00,5550.6101,N,03732.2527,E,2,22,0.5,00
187.5,M,0014.4,M,01.0,0000*61
$NGNSA,A,3,08,04,28,14,15,18,21,22,27,19,24,32,0.9,0.5
,0.8*2F
$NGNSA,A,3,11,79,88,87,71,72,65,80,81,,,,,0.9,0.5,0.8*28
$GPGSV,4,1,14,01,03,286,38,04,28,284,45,08,51,281,51,11
,15,295,45*75
$GPGSV,4,2,14,14,29,152,45,15,11,035,42,18,47,073,49,19
,28,310,46*76
$GPGSV,4,3,14,21,20,110,46,22,79,155,54,24,09,071,44,27
,55,211,51*7C
$GPGSV,4,4,14,28,08,347,45,32,05,232,32*79
$GLGSV,3,1,09,65,24,215,45,71,43,046,48,72,77,185,52,79
,14,331,42*61
$GLGSV,3,2,09,80,13,029,44,81,07,319,41,86,21,146,50,87
,77,178,52*61
$GLGSV,3,3,09,88,44,314,43*5D
$GNRMC,123217.00,A,5550.6101,N,03732.2527,E,000.0141
7,174.2,021015,,D*41
```

Структура сообщений GSV показана на рис. 7.

В одном сообщении «GSV — видимые спутники» передается информация не более чем для четырех спутников. Количество сообщений и номер каждого из них содержатся в первых двух полях. Третье и четвертое поле соответствуют количеству видимых спутников и ID спутника. В следующих полях передаются угол места, азимут и SNR. Информация о других спутниках передается в следующих кадрах.

В приведенных примерах модуль «ГеоС-3Е» видит 14 спутников GPS и 9 спутников ГЛОНАСС.

Если приемник работает в режиме только GPS, то преамбула GP добавляется к сообщениям GGA, GNS, GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA.

Пример NMEA-сообщения для варианта «Только GPS»:

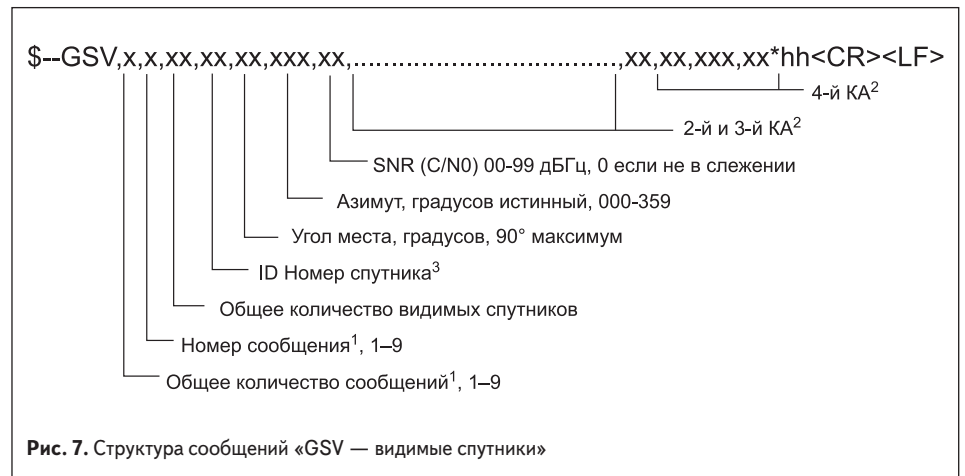
```
$GPGGA,123430.00,5550.6100,N,03732.2533,E,2,13,0.7,00
186.1,M,0014.4,M,01.0,0000*7D
```

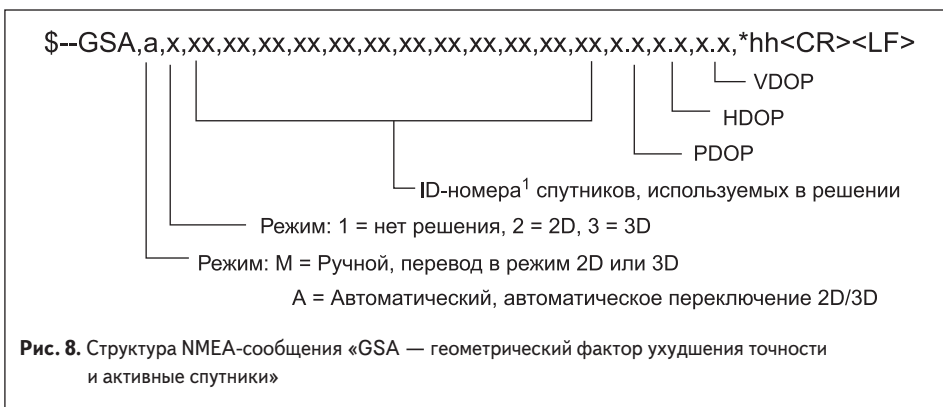
```
$GPGSA,A,3,08,04,28,14,15,18,21,22,27,19,24,32,1.3,0.7
,1.1*30
$GPGSV,4,1,14,01,04,286,40,04,29,284,49,08,52,279,52,11
,16,295,44*75
$GPGSV,4,2,14,14,30,152,48,15,10,035,43,18,46,073,49,19
,28,309,46*7A
$GPGSV,4,3,14,21,19,111,43,22,79,150,54,24,09,071,46,27
,54,210,50*74
$GPGSV,4,4,14,28,08,346,43,32,06,232,36*79
$GLGSV,3,1,09,65,25,215,50,71,42,046,48,72,78,184,52,79
,13,330,40*6F
$GLGSV,3,2,09,80,14,028,43,81,08,320,42,86,20,147,51,87
,76,177,52*69
$GLGSV,3,3,09,88,45,314,45*5A
$GPRMC,123430.00,A,5550.6100,N,03732.2533,E,000.0272
6,132.7,021015,,D*5D
```

Если приемник работает в режиме только ГЛОНАСС, то преамбула GL добавляется к сообщениям GGA, GNS, GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA.

```
$GLGGA,123354.00,5550.6107,N,03732.2534,E,2,09,0.9,00
185.3,M,0014.4,M,01.0,0000*60
$GLGSA,A,3,86,79,88,87,71,72,65,80,81,,,,,1.5,0.9,1.2*2E
$GPGSV,4,1,14,01,03,286,40,04,28,284,47,08,52,280,51,11
,15,295,45*7A
$GPGSV,4,2,14,14,30,152,48,15,10,035,44,18,47,073,51,19
,28,309,47*74
$GPGSV,4,3,14,21,19,110,45,22,79,151,54,24,09,071,46,27
,54,210,50*72
$GPGSV,4,4,14,28,08,347,43,32,06,232,33*7D
$GLGSV,3,1,09,65,25,215,50,71,42,046,47,72,78,184,51,79
,13,330,40*63
$GLGSV,3,2,09,80,14,029,42,81,07,320,41,86,20,146,50,87
,76,177,52*65
$GLGSV,3,3,09,88,45,314,44*5B
$GLRMC,123354.00,A,5550.6107,N,03732.2534,E,000.0163
8,199.2,021015,,D*4D
```

Следует обратить внимание на тот факт, что третий параметр в сообщении GSV «Общее количество видимых спутников» означает только то, что в данный момент времени приемник может наблюдать именно такое количество спутников. Однако этот параметр не определяет количество спутников, данные которых учитываются при расчете координат. Может сложиться такая ситуация, что часть из видимых спутников будет недоступна для сопровождения в следствие сложного рельефа местности, городской застройки и других факторов, препятствующих нормальному





приему. Сигнал может быть заблокирован полностью, ослаблен или искажен.

Параметр, определяющий количество спутников, по которым ведется расчет геодезических данных, называется «Количество спутников в решении». Этот параметр выводится в сообщении «GSA — геометрический фактор ухудшения точности и активные спутники». Формат этого сообщения показан на рис. 8. Он определяется исходя из геометрии расположения видимых спутников и качества их сигналов. Именно по этим критериям и определяются спутники, которые будут участвовать в решении. В сообщении GSA поля с третьего по четырнадцатое соответствуют ID-номеру, участвующему в решении НЗ.

В приведенных примерах в решении НЗ участвуют 13 спутников GPS и 8 спутников ГЛОНАСС. Спутники ID 01 GPS и ID 86 ГЛОНАСС участия в решении не принимают.

Подробно протоколы NMEA модуля «GeoC-3E» и реальные примеры описаны в документе [8].

Отладочные средства модуля «GeoC-3E»

Для тестирования и разработки оборудования на базе нового модуля фирма ДЦ «ГеоСтар на-

вигация» разработала «Отладочный комплект GeoC-3E», в состав которого входят:

- отладочная плата с установленным модулем «GeoC-3E»;
- совмещенная антенна GLONASS/GPS;
- программное обеспечение GeoSDemo3.

Отладочная плата «GeoC-3E» представляет собой печатную плату, содержащую навигационный модуль, антенный разъем, батарею резервного питания, USB-порт, переключатели питания, преобразователи постоянного напряжения для формирования напряжений питания модуля и платы, двоянный преобразователь последовательных портов RS232 в USB, трансляторы уровней, буферные элементы, индикаторные светодиоды.

Напряжение питания 3,3 В формируется импульсным преобразователем (DC/DC) из напряжения 5 В USB-порта. Напряжение 3,3 В используется для питания как модуля, так и элементов отладочной платы.

Связь по обоим последовательным портам модуля приемника производится через двоянный преобразователь USB-RS232 микросхемы FT232RL (FTDI).

На плате размещены семь индикаторных светодиодов: 3,3 В, Tx0, Tx1, Rx0, Rx1, PD_ACK.

Для выбора параметров и режимов работы модуля использовалась программа GeoSDemo3 [10]. Она позволяет:

- Устанавливать связь с приемником по последовательным портам автоматически или вручную.
- Отображать выходную навигационную информацию приемника, в том числе и в графическом виде, включая положение приемника на карте Google Maps.
- Отображать состояние аппаратной телеметрии и текущий режим работы приемника.
- Формировать и посылать в приемник команды, запросы и установки, отображать ответы приемника на команды, запросы и установки.
- Осуществлять запись выходной информации в лог-файлы.
- Производить чтение записанных ранее лог-файлов.
- Формировать и записывать протокол работы приемника.
- Производить обновление программного обеспечения приемника.

Главное окно программы представлено на рис. 9.

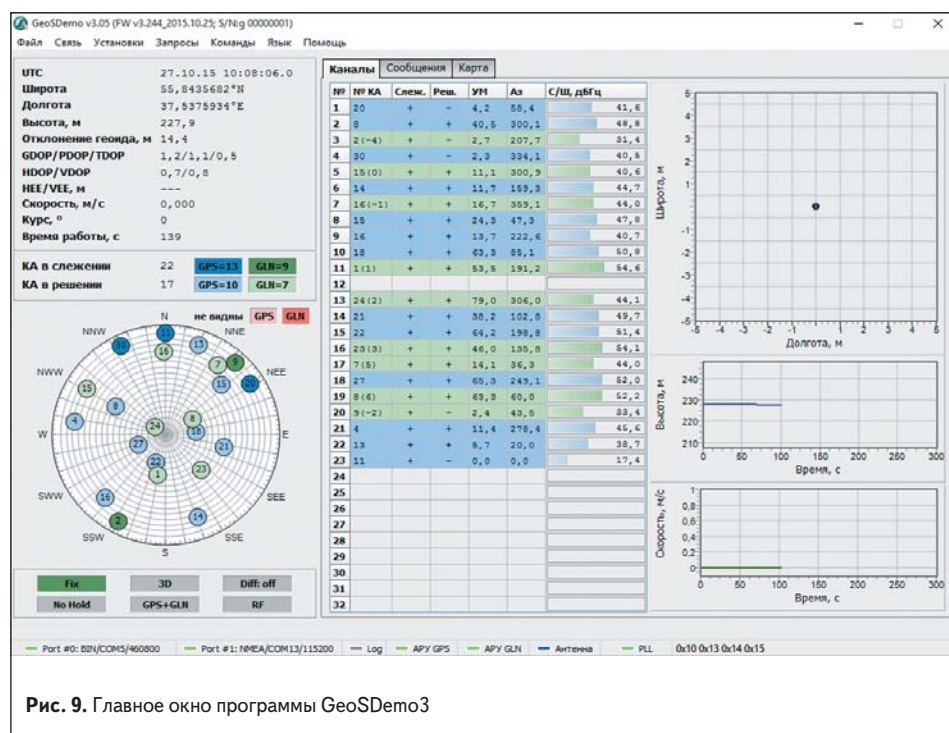
Программа имеет несколько служебных окон, используемых для выбора параметров работы с модулем. Например, раздел «Карта» отображает положение модуля на географической карте в реальном масштабе времени.

Если компьютер подключен к Интернету, то координаты модуля будут выводиться на Google Maps.

Программа предоставляет пользователям следующие возможности:

- «Установка начальных параметров».
- «Установка параметров портов RS232».
- «Установка режима работы приемника».
- «Установка параметров для решения навигационной задачи».
- «Установка темпа выдачи выходных данных».
- «Установка параметров DGNSS».
- «Установка параметров SBAS».
- «Установка параметров режимов энергосбережения».
- «Установка альманаха GPS».
- «Установка альманаха ГЛОНАСС».
- «Установка эфемерид GPS».
- «Установка эфемерид ГЛОНАСС».
- «Установка параметров PPS» (задание параметров выходной секундной метки времени).
- «Включить/исключить КА из решения навигационной задачи».
- «Разрешить/запретить NMEA-сообщения» (GGA/GNS, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL, ZDA. Выбор версии стандарта NMEA 0183: v2.x или v3.x).
- «Разрешить/запретить бинарные сообщения».
- «Установка соответствия протоколов портам RS232» (по умолчанию Порт #0 — бинарный протокол, Порт #1 — NMEA).

В окне «Установка режима работы приемника» можно установить тип используемой в решении навигационной задачи спутниковой системы: GPS, ГЛОНАСС, GPS + ГЛОНАСС. Также в этом окне задается режим работы с фиксацией координат.



Раздел «Установка параметров для решения навигационной задачи» позволяет дополнительно редактировать такие параметры, как «Маски по GDOP, углу места, уровню сигнала», «Порог статической навигации», «Время экстраполяции», «Профиль динамики пользователя», «Включение фильтрации», «Выбор режимов 2D/3D».

Кроме того, в пункте меню «Включить/исключить КА из решения навигационной задачи» можно выбрать любой спутник ГЛОНАСС или GPS и исключить из решения навигационной задачи.

Сравнительные характеристики ГНСС-модулей для системы ЭРА-ГЛОНАСС различных производителей

В настоящее время на рынке представлено большое количество разных ГНСС, которые

предлагается использовать в системе ЭРА-ГЛОНАСС. Среди них есть как совмещенные модули (WWAN-GNSS), так и отдельные ГНСС-модули. Следует отметить, что при выборе навигационного модуля необходимо тщательно проверить, насколько полно его технические характеристики удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 54620-2011.

Такой подход позволит производителю в будущем избежать возможных осложнений при сертификации готовой продукции.

Необходимо подчеркнуть, что требование полноценной работы ГНСС-модуля с сигналами только спутников ГЛОНАСС при отсутствии сигналов GPS является одним из основных условий ГОСТ Р 54620-2011, невыполнение которого препятствует использованию приемника в системе ЭРА-ГЛОНАСС.

В настоящее время на российском рынке реальными претендентами на использование в системе ЭРА-ГЛОНАСС могут быть следующие модули и чипы ГНСС: «ГеоС-3Е» («ГеоСтар навигация»), Neo M8N (u-blox), NV08C («Навис»), MT3333 (МТК), ML8088 («Навиа»), CSRG0530 (SiRFStarV).

В таблице 3 приведены результаты сравнения параметров ГНСС-модулей различных производителей с требованиями ГОСТ Р 54620-2011. Сравнение их характеристик показывает, что полностью требованиям этого ГОСТа удовлетворяют лишь две модели — «ГеоС-3Е» («ГеоСтар навигация») и NV08C («Навис»). Обе они имеют собственные базовые чипы. Использование в модуле базового чипа российской разработки является гарантией того, что в непростых современных условиях импортозамещения изготовитель конечного оборудования не будет иметь проблем с комплектацией.

Возможно, что добавление в программное обеспечение модуля Neo M8N (u-blox) полной поддержки российской системы координат ПЗ-90.11 позволит этому модулю также претендовать на применение в АС ЭРА-ГЛОНАСС.

Литература

- <http://glonassunion.ru/web/ru/era-glonass>
- <http://government.ru/docs/16437/>
- <http://publication.pravo.gov.ru/Document/Vew/0001201507130057?index=3&rangeSize=1>
- <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54620-2011>
- ГНСС-модуль «ГеоС-3Е» (ЭРА-ГЛОНАСС) Руководство по эксплуатации, редакция 1.0. ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ». Москва, 2015.
- www.geostar-navi.com/file/geos3/GS_AN001_rus.pdf. Руководство по применению AN001: Процедура обновления ПО модулей GeoС-3/3М во встроенных приложениях. ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ», Москва.
- Модули GeoС. Бинарный протокол обмена. Версия 3.0. ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ». Москва, 2015.
- Модули GeoС. NMEA-протокол обмена. Версия 3.0. ООО ДЦ «ГЕОСТАР НАВИГАЦИЯ». Москва, 2015.
- Постановление Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат».
- www.geostar-navi.com/software_geosdemo3.html
- www.u-blox.com/en/product/neo-m8-series
- <http://nvs-gnss.ru/products/oem-modul/item/2-nv08c-csm.html>
- www.mediatek.com/en/downloads1/downloads/
- <http://naviaglonass.ru/product/ml8088s/>
- www.csr.com/products/sirfstarv-5e

Таблица 3. Соответствие параметров ГНСС-модулей требованиям ГОСТ Р 54620-2011

| Пункт ГОСТ Р 54620-2011 | «ГеоС-3Е» («ГеоСтар навигация») [5] | Neo M8N (u-blox) [11] | NV08C («Навис Групп») [12] | MT3333 (МТК) [13] | ML8088 («Навиа») [14] | CSRG0530 (SiRFStarV) [15] |
|---|-------------------------------------|---|----------------------------|---|-----------------------|--|
| Прием и обработка сигналов стандартной точности в диапазоне L1 ГНСС ГЛОНАСС и GPS | С* | С | С | С | С | С |
| Поддержка режима только ГЛОНАСС | С | С | С | С | С | Н С** |
| Встроенная функция RAIM | С | С | С | Н С | Н С | Н С |
| Поддержка системы координат ПЗ-90.11 | С | Через смещение относительно WGS-84 (Примечание 3) | С | Через смещение относительно WGS-84 (Примечание 4) | Н С | Н С |
| Предельные погрешности навигационных определений (при доверительной вероятности 0,95): плановых координат 15 м; высоты 20 м; вектора скорости 0,1 м/с | С | С | С | С | С | С |
| Интервал обновления навигационных данных не менее 1 с | С | С | С | С | С | С |
| Время восстановления слежения за сигналами после блокирования на время от 20 до 60 с не более 5 с | С | С | С | С | С | С |
| Чувствительность по обнаружению не ниже -163 дБВт | С | С | С | С | С | С |
| Чувствительность по слежению не ниже -188 дБВт | С | С | С | С | С | С |
| Возможность установки минимального угла возвышения спутников | С | Через бинарный протокол (Примечание 2) | С | С | Н С | Через бинарный протокол (Примечание 2) |

Примечания:

- С* — параметр ГНСС соответствует требованиям ГОСТ Р 54620-2011.
- Н С** — параметр ГНСС не соответствует требованиям ГОСТ Р 54620-2011.
- Работа в системе координат ПЗ-90.11 возможна только с помощью смещения системы координат относительно WGS-84 (X, Y, Z, углы поворота X, Y, Z) в бинарном протоколе.
- Устанавливается только через бинарный протокол. В ЭРА-ГЛОНАСС основной протокол NMEA.