

*Синенко Анна Алексеевна,
Родионова Юлия Дмитриевна
студентки*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»*

*Научный руководитель: Струсь Сергей Сергеевич,
к.э.н., доцент*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина»*

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ GPS И ГЛОНАСС

***Аннотация:** В данной статье проводится сравнительный анализ существующих спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, а также рассматриваются их достоинства и недостатки.*

***Ключевые слова:** спутниковые системы, ГЛОНАСС, GPS, спутники, геодезия.*

***Abstract:** This article provides a comparative analysis of the existing GLONASS and GPS satellite systems, as well as their advantages and disadvantages.*

***Keywords:** satellite systems, GLONASS, GPS, satellites, geodesy.*

Современные спутниковые технологии в геодезии обеспечивают высокую точность позиционирования и возможность проведения измерительных работ в любых, даже самых сложных физико-географических условиях. При этом существенно сокращается время, затраченное на геодезические изыскания.

Создание двух национальных систем: российский проект ГЛОНАСС и американский Global Positioning System (GPS) – произошло приблизительно в

одно и то же время. Обе они проходят постоянную модернизацию за счет усовершенствования технологий и расширения возложенных на них задач.

GPS представляет собой комплексную систему, состоящую из 24-х спутников, находящихся над поверхностью планеты и обеспечивающих функционирование навигационной системы. Кроме космических спутников, в систему входит большое число приемников (и ежедневно к системе подключаются новейшие устройства): от обычных навигаторов, используемых владельцами автомобилей, до сложнейшей геодезической аппаратуры. Первоначально система создавалась для военной отрасли США, но в данное время она, как правило, используется в быту по всей планете.

Использование GPS в геодезии необходимо при разработке проектов строительных сетей (к примеру, при возведении комплексных сооружений либо отдельных строений) и масштабной топографической фотосъемке с детализированным отображением объектов, находящихся на земле. Каждый GPS-приемник занимается приемом сообщений, посылаемых спутниками относительно их месторасположения. Применяя приобретённые данные, приемник может выяснить свое местоположение. Для определения широты и долготы потребуется собрать информацию не менее чем от 3-х спутников. А если собрать данные с 4-х спутников, то получится вычислить не только упомянутые выше характеристики, но и обнаружить высоту над уровнем моря. Точность определяемых характеристик растет параллельно увеличению количества спутников, информацию с которых может получить приемник.

Все спутники постоянно передают сигналы с орбитальными координатами и точным временем отправки. GPS-приемник, принимающий информацию от нескольких таких спутников, рассчитывает их взаимное размещение и расстояние до каждого, получая в конечном итоге абсолютно точные координаты точки приема. Расстояние до спутника вычисляется благодаря разнице времени отправки и получения сигнала, а точность данных гарантируется высокоточными часами, установленными как на спутнике, так и в

принимающем устройстве. Скорость и точность определения местоположения зависит от количества принимаемых спутниковых сигналов.

Передаваемые спутниками сигналы передаются как с открытым, так и закодированным кодом, поэтому приемные устройства, не оснащенные специальными дешифраторами, принимают только открытые коды и выполняют свое позиционирование с невысокой точностью. В отличие от таких бытовых приборов, геодезические приемники обрабатывают закрытые, платные, частоты. Второе отличие – геодезисты работают, как минимум, с двумя принимающими устройствами, одно из которых располагается на месте определения координат, а второе – на базе, месторасположение которой известно заранее. В итоге точность положения первого составляет 1-2 сантиметра.

Зарождением идеи использования спутников в СССР и в Российской Федерации т.е. системы ГЛОНАСС – Глобальная Навигационная Спутниковая Система по праву считается профессор Шебшевич В.С. Она была озвучена им в 1957 году. Главной целью метода было обеспечение точности навигационных определений вне зависимости от погодных условий и времени суток.

Для достижения цели, в шестидесятых годах прошлого столетия, стала разрабатываться первая низкоорбитальная спутниковая система Цикада, которая была сдана и введена в эксплуатацию в 1979 году. Система Цикада включала в себя четыре навигационных спутника, выведенных на круговые орбиты высотой 1 000 километров, имевшие наклонение 83 градуса и равномерно распределенными вдоль экватора.

Получение плановых координат объекта осуществлялось посредством 5-6 минутного навигационного сеанса от спутников системы. При этом в качестве исходных данных использовались «беззапросные» дальности от объекта до спутников.

Успешный опыт использования системы Цикада для целей морской и воздушной навигации повлек за собой необходимость создания более мощной и универсальной навигационной спутниковой системы.

Стартом разработки и создания спутниковой системы ГЛОНАСС считается Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР от декабря 1976 года.

Геометрия системы для покрытия максимальной площади поверхности земного шара задумывалась следующим образом – на три спутниковых орбиты, имеющих наклонение 64,8 градуса, должно быть выведено 24 спутника (по 8 спутников на каждую орбиту). Средняя высота орбит спутниковой группировки ГЛОНАСС составляет 19 100 километров.

Для исключения необходимости использования корректирующих импульсов в системе использован период, имеющий значение 11 часов 15 минут 44 секунды.

Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (СТ) в диапазоне L1 (1,6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (ВТ) в диапазонах L1(1.6 ГГц) и L2 (1,2 ГГц). Информация, предоставляемая навигационным сигналом СТ, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приемников ГЛОНАСС возможность определения с вероятностью 99,7%:

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

Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4-х спутников ГЛОНАСС. При приеме навигационных радиосигналов ГЛОНАСС приемник, используя известные радиотехнические методы, измеряет дальности до видимых спутников и измеряет скорости их движения. Одновременно с проведением измерений в приемнике выполняется автоматическая обработка содержащихся в каждом навигационном радиосигнале меток времени и цифровой информации. Цифровая информация описывает положение данного

спутника в пространстве и времени (эфемериды) относительно единой для системы шкалы времени и в геоцентрической связанной декартовой системе координат. Кроме того, цифровая информация описывает положение других спутников системы (альманах) в виде кеплеровских элементов их орбит и содержит некоторые другие параметры. Результаты измерений и принятая цифровая информация являются исходными данными для решения навигационной задачи по определению координат и параметров движения. Навигационная задача решается автоматически в вычислительном устройстве приемника, при этом используется известный метод наименьших квадратов. В результате решения определяются три координаты местоположения потребителя, скорость его движения и осуществляется привязка шкалы времени потребителя к высокоточной шкале Координированного всемирного времени (UTC).

Как и в GPS, радиосигналы верхнего диапазона частот навигационного космического аппарата (НКА) ГЛОНАСС состоят из двух сдвинутых на 90 градусов фазоманипулированных сигналов открытого дальномерного сигнала и дальномерного сигнала высокой точности, доступного ограниченному кругу потребителей. Узкополосный сигнал открытого дальномерного кода модулируется также служебной навигационной информацией. В настоящее время сигналы нижнего диапазона предназначены только для передачи высокоточного кода, однако, перспективные НКА ГЛОНАСС-М в нижнем диапазоне частот будут излучать и сигналы открытого дальномерного кода, что позволит всем категориям пользователей осуществлять ионосферную коррекцию.

На данный момент на рынке геодезического оборудования представлено большое множество GPS-приёмников. Более подробно рассмотрим приемник JAVAD TRIUMPH-1M.



Рисунок 1 – Приемник JAVAD TRIUMPH-1M

Приемник Javad Triumph-1M (обновленный Triumph-1-G3T) реализованной на микросхеме TRIUMPH 2 компании JAVAD GNSS. Приемник JAVAD Triumph-1M RTK GSM/4G/LTE (определение координат в реальном времени по GSM/GPRS каналу) Впервые в истории GNSS приемник обеспечивает прием 864 каналов для измерений по каждому частотному каналу, включая: GPS L1, L2/L2C, L5, ГЛОНАСС L1, L2.

Широкий выбор местоположений, возможность модернизации в любой срок после приобретения.

Дополнительное внедрение систем ГЛОНАСС и Beidou (опционально), Galileo (опционально) совместно с GPS позволяет проводить измерения с большей точностью и меньшим временем, повысив качество выполняемых работ. Возможно, выполнять измерения в статике и RTK в режиме самостоятельного ГЛОНАСС, то есть не используя спутники GPS. Встроенный GSM/GPRS/UHF/Wi-Fi модем имеет возможность, как приема поправок, так и их передачи. Возможно подключение внешних модемов по Bluetooth, Wi-Fi, интерфейсным кабелем. Запись сырых данных на встроенную память 4Гб или на SD карту 16Гб.

При использовании комплекта приемников TRIUMPH 1M RTK GSM/GPRS вы получаете возможность определять координаты пунктов в течении 10-20 секунд с 10-15мм (в плане) в различных системах координат WGS84, СК42 или собственной локальной системе координат.

В таблице 1 приведена характеристика приемника JAVAD TRIUMPH-1M по критериям, которым обычно руководствуется любой пользователь при выборе геодезического оборудования.

Таблица 1 – Характеристики JAVAD TRIUMPH-1M

Критерий	JAVAD TRIUMPH-1M (GSM/4G/LTE)
Принимаемые сигналы	GLONASS L1, GLONASS L2, GPS L1, GPS L2, GPS L2C, GPS L5, Galileo, QZSS, BeiDou
Количество каналов	864
Тип антенны	Встроенная
Вес	1.7 кг
Точность при постобработке	3 mm + 0.5 ppm
Точность при РТК	10 mm + 0.5 ppm
Объем памяти	4 ГБ
Рабочая температура	-40 to +60 °C
Размеры	17.8 x 17.8 x 9.6
Пылевлагозащита	67 IP
Режим РТК	База и ровер
Стоимость	659950 руб
Страна производитель	США

От наличия характеристик спутниковой аппаратуры, зависит точность, скорость, легкость выполнения геодезических измерений, например, двухчастотный приемник наиболее верный, требует меньше времени на измерение. Присутствие у приемника Bluetooth связи между приемником и контроллером позволяет, например, в дождь управлять приемником из машины с помощью контроллера.

В рассматриваемой модели приёмника доступен веб-интерфейс (WEBUI). С помощью него возможно выполнить настройку приёмника без специализированных программ, аналогично WiFi роутеру. При наличии в

приемнике WiFi такую настройку можно выполнять не только на компьютере, но и с помощью планшета или мобильного телефона. Также WiFi можно использовать для подключения контроллера, увеличивая дальность и стабильность работы соединения с контроллером.

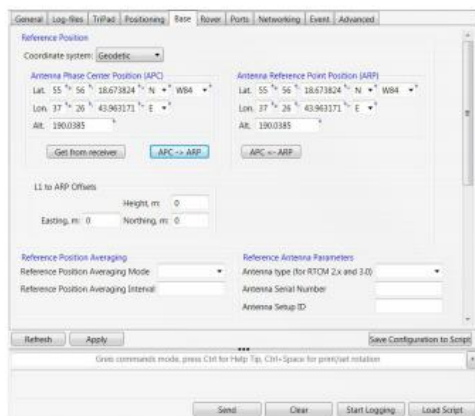


Рисунок 2 – Веб-интерфейс приемника JAVAD TRIUMPH-1M.

При более подробном рассмотрении приемника можно выделить множество плюсов. Но, к сожалению, какой бы совершенной ни была система глобального позиционирования, существует ряд недостатков. Рассмотрим недостатки системы GPS и ГЛОНАСС более подробно.

Спутники GPS практически не появляются севернее 55-й параллели, а в южном полушарии, соответственно, южнее. Тогда как при угле наклона в 65 градусов и высоте нахождения в 19,4 тыс. км спутники ГЛОНАСС поставляют отличные, стабильные сигналы в Москву, Норвегию и Швецию.

Достоверность сигналов ГЛОНАСС составляет 2,8 м по сравнению с 1,8 м у GPS. Однако эта цифра достаточно усреднена, потому что спутники могут выстроиться на орбите таким образом, что показатель погрешности возрастет в несколько раз. Причем такая ситуация может постигнуть обе спутниковые системы.

Немаловажную роль играет качество наземного оборудования, получающего и расшифровывающего получаемые данные.

Если говорить о выявленных недостатках обеих навигационных систем, их можно распределить следующим образом:

Таблица 3 – Недостатки GPS и ГЛОНАСС

GPS	ГЛОНАСС
Получение ошибочного сигнала в следствие многолучевой интерференции и атмосферной нестабильности	Смена небесных координат (эфемерид) приводит к неточности определения координат, достигающей 30 метров
Существенное отличие гражданской версии системы, имеющей слишком ограниченные возможности по сравнению с военной разработкой.	Достаточно частое, хотя и кратковременное прерывание сигнала

Система GPS использует методику кодированных сигналов множественного доступа CDMA. Главное достоинство здесь – уменьшенные требования к ресурсам для передачи радиосигнала и точное определение координат с погрешностью всего в 2-4 метра. Позиционирование GPS в сравнении с ГЛОНАСС выше, что позволяет системе активно использоваться в сфере картографии и геодезии.

Система ГЛОНАСС функционирует с помощью метода «выделенных линий» FDMA.

Технология, в сравнении с GPS, считается более затратной, но зато обеспечивает лучшую защиту от возможных помех. С учетом того, что на передачу спутникового радиосигнала может влиять множество факторов, среди которых искусственные инженерные строения, облачность и погодные осадки, помехи от наземных источников радиовещания – ГЛОНАСС в качестве основной системы мониторинга за транспортом считается более перспективной.

Рассмотрев GPS и ГЛОНАСС можно прийти к выводу, что две системы являются практически идентичными с точки зрения обычных пользователей систем слежения. Даже разница погрешности в 1-2 метра у ГЛОНАСС будет компенсирована за счет большего количества спутников на плоскости. По оценкам, в 2020 году погрешность в определении точного местоположения

датчиков составит всего 10 см. При этом для решения различных задач сейчас даже погрешность в 5-6 метров не является критичной.

Современные терминалы слежения позволяют принимать сигналы с каждой из систем. Аргументированным решением в пользу выбора ГЛОНАСС можно назвать его адаптацию к северным широтам и регионам, с которыми GPS справляется только на 70%.

Использованные источники

1. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС.

2. Модули навигационных приёмников: проблемы и перспективы. Chip news №4, 2008. 5. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. — М.: ИКФ "Каталог", 2002. — 106 с.

3. ГЛОНАСС вчера, сегодня и завтра // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.osp.ru/nets/2008/06/5120395>

4. История развития ГЛОНАСС // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.glonassiac.ru/guide/>

5. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. – М: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 694.