

# МОДЕРНИЗАЦИЯ GNSS И СОВРЕМЕННОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ GNSS- ОБОРУДОВАНИЕ TRIMBLE

## Авторы

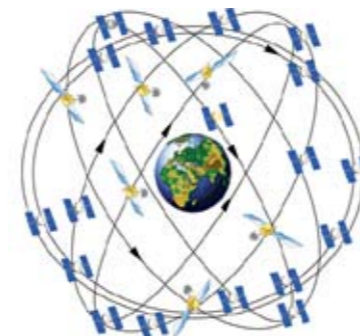
**Антон Крупин,**  
менеджер по продажам ООО «КМС»  
**Виталий Глушенко,**  
ведущий инженер ООО «КМС»

GNSS (Global Navigation Satellite System) — это общее название для спутниковых систем позиционирования и навигации, использующихся для задач геодезии и геоинформационных систем, а также для специальных задач, таких как прецизионное земледелие, строительное и морское позиционирование и т.д. В настоящее время существуют две действующие системы — GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) и две разворачиваемые — GALILEO (Европейский союз) и COMPASS (Китай).

### История развития систем GNSS. Короткий экскурс

#### GPS (США)

Система NAVSTAR или GPS была разработана министерством обороны США в 1973 г. Её основное предназначение — это определения местоположения, передача точного времени, навигационных координат военным и гражданским пользователям в любой точке земного шара. Запуск спутников шел вплоть до 1978 г; в итоге на небе появилось созвездие из 24 спутников, вращающихся по 6 орбитам, по 4 спутника на орбите. Наклонение каждой из орбит к экватору составляет 55°, высота орбит над земной поверхностью около 20200 км. Период обращения спутника составляет 11 часов 58 минут, таким образом, на протяжении одного сидерического дня спутник совершает два оборота вокруг Земли с небольшим опережением (около 4 минут за день).



Спутники передают сигналы в двух частотных диапазонах: L1 = 1575,42 МГц и L2 = 1227,60 МГц. На обеих частотах передается псевдослучайный код, в котором зашифровано точное время, координаты спутника и эфемеридная информация. Принимая одновременно закодированный сигнал с нескольких спутников, у нас появляется возможность вычислить свои координаты в любой точке земной поверхности. Изначально гражданские пользователи были ограничены C/A-кодом на частоте L1, а сигналы P на частоте L2 предназначались только для военных.

#### ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС является аналогом американской GPS. Она курируется Федеральным Космическим Агентством (Росавиакосмос) под эгидой Министерства обороны РФ.

Как и GPS, спутники ГЛОНАСС используются как в военных, так и в гражданских целях.

Полная подсистема космических аппаратов системы ГЛОНАСС должна состоять из 24-х спутников, находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км с наклоном 64,8° и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120°. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным сдвигом по аргументу широты 45°. Кроме этого, в плоскостях положения спутников сдвинуты относительно друг друга по аргументу широты на 15°.

Более наклонные, чем у системы GPS, орбиты позволяют обеспечивать лучший прием в Центральной Европе, особенно в долинах и ущельях горных районов. Система ГЛОНАСС должна обеспечивать определение местоположения с точностью до четырех метров, как и у GPS.

Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (С/А) в

диапазоне L1 (1,6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (Р) в диапазонах L1 и L2 (1,2 ГГц).

Поскольку после вывода на орбиту новых спутников в 2007 г., их общее число в созвездии составит только десять, то определение координат точки только с помощью ГЛОНАСС не представляется возможным. Использование же совместной технологии GPS/ГЛОНАСС делает определение координат более надежным вследствие увеличения числа видимых спутников.

#### GALILEO

Европейская навигационная система GALILEO является еще одной GNSS. Она создается в рамках Европейского Союза. Это многоцелевая система, которая призвана повысить точность позиционирования по сравнению с современными возможностями GPS/ГЛОНАСС. Одной из особенностей GALILEO будет доступность навигационных решений в высоких широтах, она также должна стать независимой навигационной основой для стран Европы (на случай возникновения международных конфликтов). Спутники GALILEO будут перемещаться по орбитам, чья высота несколько больше, чем высота орбит спутников GPS, однако принцип определения координат точек местности остается тем же. Ожидается, что система будет развернута в 2013 году.

#### COMPASS

Система COMPASS, либо Beidou, разворачивается Китайской Народной Республикой. Она создается для предоставления навигационных и коммуникационных услуг пользователям в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В своей штатной конфигурации, достижение которой намечено на 2020 год, орбитальная группировка COMPASS станет одной из наиболее насыщенных и будет включать 35 аппаратов на орбитах различных классов — в том числе на геостационарной (5 аппаратов). В настоящее время на орбитах находятся три действующих спутника.

**Модернизация GPS**

С точки зрения геодезии, модернизация GPS заключается, в первую очередь, в добавлении кода L2C и нового сигнала на частоте L5 к тем, которые уже передают спутники.

Сигнал L2C — это дополнительный гражданский сигнал, транслируемый на частоте L2. В этом сигнале ниже уровень зашумления кода, лучшее разделение кодов, ослабленная многолучевость, лучше параметры взаимной корреляции спутников. С сигналом L2C при использовании двухчастотных приемников измерения в реальном времени можно выполнять намного точнее, чем раньше. В 2005 году на орбиту были выведены первые спутники типа IIR-M, способные передавать сигнал L2C. Этот момент считается началом модернизации системы GPS. В настоящее время все спутники системы GPS передают сигнал L2C.

Следующим шагом модернизации GPS стало появление нового сигнала L5 на частоте 1176,45 МГц. Частота L5 будет широкополосной, с уменьшенной радиочастотной интерференцией и сниженными ионосферными задержками. К тому же, несущая L5 имеет более высокую мощность и легче обнаруживается и отслеживается приемниками. Частота L5 реализована на новом поколении спутников под названием Block IIF, которые начали запускаться с 2007 года. Полностью очередное обновление системы планируется завершить к 2014 году.

Для увеличения точности позиционирования и резерва на случай сбоя общее число спутников было доведено до 31. Теперь на одной орбите расположено не менее пяти спутников, таким образом в любой момент времени и с любой точки земного шара на каждой из орбит виден хотя бы один спутник. Планируется и дальнейшее увеличение числа спутников, максимум до 36-ти, что еще улучшит возможности гражданского позиционирования.

**Модернизация ГЛОНАСС**

Модернизация системы ГЛОНАСС сводится, в основном, к развертыванию ее до проектного числа спутников. Правительство РФ планирует сделать эту систему автономной — такой, которая сможет обеспечить требуемую точность навигации и позиционирования без использования других GNSS-систем. Напомним, что на данный момент система ГЛОНАСС является вспомогательной к системе GPS. О текущем состоянии

системы ГЛОНАСС можно узнать на сайте [www.glonass-ianc.rsa.ru](http://www.glonass-ianc.rsa.ru).

**Текущее состояние GALILEO**

Из системы GALILEO на орбиту уже выведены два тестовых спутника GIOVE-A (в 2005 г) и GIOVE-B (в 2008 г). В настоящее время они используются только для оценки сигнала, но для позиционирования и навигации их сигналы не учитываются. Текущий план предполагает вывод в эксплуатацию GALILEO к 2013 году, что на три-четыре года позже, чем предполагалось ранее. Систему GALILEO образует созвездие из 30 спутников (27 основных и 3 резервных), а также наземная инфраструктура — сеть наземных станций.

**Готовность Trimble к новациям**

Компания Trimble, являющаяся лидером в разработке GNSS-оборудования в течение многих лет, внимательно отслеживает все нововведения, появляющиеся в области спутниковой навигации, и своевременно модернизирует свое оборудование с тем, чтобы пользователи смогли получить максимальную выгоду от внедрения инноваций.

Так, с введением в действие нового сигнала L2C, в 2007-2008 годах Trimble вывел на рынок новые модели приемников: R8, R7 и R6, способные принимать и обрабатывать этот сигнал. Во всех этих приемниках была предусмотрена возможность модернизации для приема сигналов ГЛОНАСС, а также увеличено число каналов (до 72-х) ввиду увеличения количества спутников, которые необходимо отслеживать. Более поздние модели приемников R8 и R7 выпускались уже с предустановленной ГЛОНАСС опцией.

В 2009 году компания Trimble на основе нового процессора Maxwell 6 создала первый приемник нового поколения Trimble R8 GNSS, способный принимать все существующие на сегодняшний день сигналы системы GPS — L1 C/A, L2C, L2E (считывание сигнала P по методике Trimble), L5, сигналы системы ГЛОНАСС — L1 C/A, L1P, L2 C/A (только для ГЛОНАСС M) L2P, а также тестовые сигналы системы GALILEO: GIOVE-A и GIOVE-B. Число каналов было увеличено до 220-ти.

Также специально для приемника R8 GNSS Trimble разработал новый протокол передачи дифференциальных поправок CMRx в режиме RTK, в котором учитываются дан-

ные новых GPS сигналов и сигналов ГЛОНАСС.

Следующей моделью нового поколения GNSS приемников Trimble стала референсная станция Trimble R9, появившаяся на рынке в апреле 2010 г. Станция способна принимать все существующие GNSS сигналы и имеет 440 каналов для отслеживания спутников.

Одновременно Trimble провел модернизацию приемников предыдущего поколения — R6 и R7, а также разработал новые модели экономического класса — R4 и R5. Все эти приемники (кроме R7, имеющего предустановленную ГЛОНАСС опцию), могут быть легко модернизированы до приема ГЛОНАСС.

Испытания, проведенные для новых моделей приемников, показали, что, благодаря новому алгоритму обработки сигналов, точность статических наблюдений значительно повысилась и составляет сейчас:

по горизонтали:  $\pm 3 \text{ мм} + 0.1 \text{ мм/км}$   
по вертикали:  $\pm 3.5 \text{ мм} + 0.4 \text{ мм/км}$   
для всех моделей новых GPS/GNSS приемников Trimble.

**Заклучение:  
GNSS приемник Trimble —  
надежная защита инвестиций**

Изменения в GNSS для пользователя будут означать:

- улучшение решения при плохих условиях наблюдений (под кронами деревьев, в глубоких карьерах, рядом со зданиями);
- улучшение созвездия вследствие появления новых спутников;
- ускоренное и более точное определение псевдодалейностей;
- сокращение потерь времени при работе;
- улучшение геометрии созвездия.

Большая часть геодезистов пользуется комплектом оборудования в течение нескольких лет, чтобы окупить затраты на его покупку и обучение. Таким образом, покупая оборудование сегодня, следует принимать во внимания грядущие перемены в системах GNSS.

Выбирая комплект Trimble GNSS, заказчик может быть уверен, что в приемнике присутствуют все возможные нововведения. Приемник, способный уже на этом этапе принимать сигнал L2C, L5, ГЛОНАСС, станет надежным долгосрочным вложением капитала и обеспечит максимальную продуктивность на многие годы.

- Процессор Trimble Maxwell 6 с 220 каналами
- Прием сигналов: GPS L1, L2/L2C, L5; ГЛОНАСС L1, L2, готовность к приему Galileo
- Технология Trimble R-Track с функцией Signal Prediction
- Новый протокол связи CMRx
- Частота позиционирования: до 20 Гц
- Точность позиционирования:  
статика/быстрая статика —  $3 \text{ мм} + 0.1 \text{ мм/км}$  в плане,  
 $3.5 \text{ мм} + 0.4 \text{ мм/км}$  по высоте;  
кинематика/RTK —  $10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$  в плане,  
 $20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$  по высоте
- Встроенный приемопередающий УКВ-модем 450 МГц, 0.5 Вт
- Встроенный GSM/GPRS-модем
- Встроенная функция NTRIP Caster для дистанционного доступа к поправкам через Интернет (при работе в режиме базовой станции)
- Веб-интерфейс Trimble Web UI для дистанционного контроля и доступа к поправкам через Интернет (при работе в режиме базовой станции)
- Порт Bluetooth для беспроводной связи с контроллером (при работе в режиме ровера)
- Управление ровером с помощью контроллера TSC2 или CU
- Полевое программное обеспечение Trimble Survey Controller или Trimble Access



**R7 GNSS**

- 72 канала
- Прием сигналов GPS L1, L2/L2C, L5, ГЛОНАСС L1, L2
- Встроенный УКВ-модем 450 МГц (опция)

**R6 GPS**

- 72 канала
- Прием сигналов GPS L1, L2/L2C
- Возможность модернизации до ГЛОНАСС L1, L2
- Встроенный приемопередающий УКВ-модем 450 МГц, 0.5 Вт (опция)

**R5 GPS**

- 72 канала
- Прием сигналов GPS L1, L2/L2C
- Возможность модернизации до ГЛОНАСС L1, L2
- Встроенный приемный УКВ-модем 450 МГц (опция)

**R4 GPS**

- 72 канала
- Прием сигналов GPS L1, L2
- Возможность модернизации до ГЛОНАСС L1, L2
- Встроенный приемопередающий УКВ-модем 450 МГц, 0.5 Вт (опция)
- Контроллер Recon с п/о Trimble Digital Fieldbook