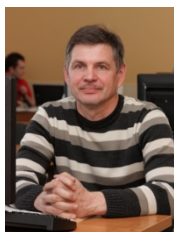


УДК 528.021.6/.7+681.2

## ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ



**М.М. Татур**  
Профессор кафедры  
электронных  
вычислительных машин  
БГУИР, доктор технических  
наук  
tatur@bsuir.by



**А.Д. Конигов**  
Аспирант кафедры  
электронных  
вычислительных машин  
БГУИР  
skonikov@mail.com



**И.Н. Носырев**  
Магистрант гр. 155841,  
кафедра ЭВМ, БГУИР  
nosureviluha@mail.ru

### **М.М. Татур**

Окончил Минское высшее инженерное зенитное ракетное училище ПВО в 1981. Область научных интересов связана с мобильной робототехникой и интеллектуальным анализом данных.

### **А.Д. Конигов**

Является аспирантом кафедры электронных вычислительных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

### **И.Н. Носырев**

Является магистрантом Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники по специальности 1-40 80 01 «Компьютерная инженерия (Хранение и обработка данных)».

**Аннотация.** Основой целью данной статьи является рассмотрение основных положений, лежащих в основе спутникового позиционирования. Приведены основные типы ошибок, влияющие на точность определения псевдодальностей, методы определения координат, типы спутниковых приемников. Описан текстовый протокол выдачи спутниковой информации NMEA-0813. Рассчитаны значения показателей точности позиционирования для двух моделей приемников.

**Ключевые слова:** GPS, GLONASS, RTK, NMEA, спутниковый приемник.

### **Введение.**

В настоящее время существуют и широко используются системы глобального позиционирования GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU, QZSS, NavIC с различной государственной и ведомственной принадлежностью. Каждый пользователь мобильного телефона или навигатора используют функции системы позиционирования для решения своих утилитарных задач, не задумываясь о сложной технологической цепочке вычислений, предшествующей получению финального решения (координат). В настоящей работе мы рассмотрим основные характеристики навигационных приемников в контексте технологии глобального позиционирования.

Итак, независимо от вида системы, ее состав включает: космический сегмент; сегмент управления; сегмент пользователей.

На примере GPS, космический сегмент системы, по состоянию на 07 апреля 2020 года использует 31 спутник и 1 выведен на техобслуживание. Спутниковая группировка обращается вокруг Земли по круговым орбитам с постоянным периодом обращения (11 часов 58 минут) для всех спутников. Таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звёздные сутки (23 часа 56 минут). Спутники излучают специальные радиосигналы.

Сегмент управления системы GPS состоит из станций слежения, расположенных по всему миру, которые обрабатывают данные от спутников и соотносят эти данные с математическими моделями орбит для каждого из спутников. В соответствии с моделями рассчитываются точные параметры орбит – эфемериды и коррекции часов для каждого спутника. Эта информация посылается на спутник, и через него на приемники GPS. Навигационное сообщение передается с частотой 50 Hz, и содержит параметры орбиты спутников GPS, коррекции времени, параметры модели ионосферы и прочие данные. Данные передаются на несущих L1 и L2.

Сегмент пользователей - это конечные потребители, использующие спутниковые приемники для позиционирования. Приемники получают сигналы со спутников для расчета своего местоположения, времени и скорости перемещения. GPS-приемники используются для позиционирования, коррекции времени и других навигационных целей.

### **1. Принципы измерения расстояний от спутников до приемника на примере системы GPS.**

Вычислению координат приемника предшествуют вычисления расстояний от спутника до приемника. Существуют две методики измерений расстояний: *кодовая* и *фазовая*.

#### **Кодовые измерения:**

Каждый спутник GPS транслирует свою уникальный псевдослучайную последовательность нулей и единиц (Pseudo Random Noise - PRN). Код C/A повторяется через каждые 1023 бита раз миллисекунду, то есть транслируется с частотой 1.023 MHz.

Приемник генерирует такие же последовательности для каждого из спутников (на соответствующих каналах), но не синхронно. Далее, приемник “сдвигает” свой код пока тот не совпадет с кодом спутника. Данный сдвиг и определяет время прохождения сигнала от спутника до приемника. Умножая время прохождения сигнала на скорость света получаем искомое расстояние. Так как существуют ряд погрешностей при определении расстояния по коду, это измеренное расстояние называется псевдодальностью.

#### **Фазовые измерения:**

По аналогии с кодовым сигналом на спутнике и приемнике генерируются фазомодулированные сигналы, только они никак не синхронизированы. Вычислением смещения фазомодулированного сигнала, переданного со спутника на приемник, определяется дробная часть фазы. Вычислением смещения фазомодулированного сигнала, переданного со спутника на приемник, определяется дробная часть фазы.

Основная проблема – найти целое число длин волн между спутником и приемником, так как волны не отличаются друг от друга. Задача по поиску числа целых фаз называется *решением фазовой неоднозначности*.

При определении дальности возможны различные источники измерительных погрешностей.

#### **Погрешность синхронизации времени.**

На спутниках установлены сверхточные цезиевые (атомные) часы. Однако даже такие сверхточные часы допускают каждые 3 часа погрешность в 1 миллиардную секунды. Остаточные погрешности спутниковых синхронизаторов достигают порядка нескольких наносекунд, что вызывает погрешность в определении расстояния около метра. Для устранения возникающих отклонений, спутниковые синхронизаторы постоянно проверяются наземными станциями и сверяются с генератором главных тактовых импульсов, который представляет из себя систему 10-ти сверхточных атомных часов. Погрешности и отклонения спутниковых синхронизаторов высчитываются и отправляются вместе с сообщениями, передаваемыми спутниками. При вычислении расстояния до спутников GPS-приемники вычитают погрешности спутниковых синхронизаторов из зафиксированного времени передачи, чтобы определить реальное время перемещения сигнала. Очевидно, что встраивать в приемники точные атомные часы – нереально. Однако если измерить расстояния до всех спутников одновременно, то для всех спутников будет одна и та же погрешность в определении расстояний. Таким образом,

можно принять погрешность синхронизатора приемника за неизвестную, которую необходимо найти. Для нахождения этой поправки необходимо принимать сигнал от четырех спутников, при этом можно использовать в приемниках обычный синхронизатор.

#### **Погрешность определения координат спутника.**

Точность в определении местоположения приемника зависит от того, насколько точно известно положение спутников. Орбиты спутников непрерывно контролируются с расположенных по всему свету наземных станций слежения. Их прогнозы орбит передаются на спутники, которые в свою очередь передают эту информацию на приемники. Точность предсказания орбитальной информации составляет несколько метров.

#### **Погрешность ввиду задержки в распространения сигнала в ионосфере.**

Скорость света зависит от состояния атмосферы. Верхние слои атмосферы (ионосфера) содержат заряженные частицы, которые замедляют скорость света и увеличивают частоту несущей. В некоторых приемниках используют математическую модель эффекта ионосферы для вычисления поправки. При получении приблизительной информации о концентрации заряженных частиц в ионосфере (передаваемой со спутников), эффект воздействия ионосферы можно снизить до 50%. Однако оставшаяся погрешность велика.

Воздействие ионосферы на электронные сигналы зависит от частоты сигнала. Чем выше частота, тем меньше воздействие. Поэтому, если передаются пакеты сигналов одновременно на двух частотах, то ионосфера может задержать код одной частоты, к примеру, на 4 метров, а на другой – на 5 метров. Измерить величину этих задержек не представляется возможным, однако можно измерить их разницу через различие времени прибытия сигналов, что в данном случае означает 1 метр расстояния между ними. Подставив ее в известную формулу зависимости ионосферной задержки от частоты сигнала, можно устранить эффект ионосферы. Поэтому, точные приемники для устранения эффекта ионосферы отслеживают оба сигнала с несущими L1 и L2. А простые – только сигнал L1. Это - основное отличие различных видов приемников.

#### **Погрешность ввиду задержки в распространения сигнала в тропосфере.**

Нижние слои атмосферы, содержащие водные пары, называются тропосферой. Они могут задерживать получения кода, и несущей. Эффект от тропосферы нельзя устранить, используя принцип двух частот. Единственный способ устранения погрешности из-за эффекта тропосферы – измерение содержания водяных паров, температуры и давления и использование специальных математических моделей для вычисления тропосферной задержки сигнала.

#### **Погрешность ввиду переотражения сигнала.**

При определении расстояния до спутника предполагается, что сигнал спутника поступает от спутника к антенне приемника по прямой. Однако наряду с прямым сигналом возможны и отраженные сигналы - от земли и предметов, расположенных рядом с антенной, которые также достигают антенны и создают помехи основному сигналу. Если путь переотраженного сигнала значительно длиннее прямого (более, чем на 10 метров), это позволяет разделить сигнал на пакеты и в значительной мере устранить через обработку сигнала.

## **2. Методы расчета координат приемника**

Существует несколько методов определения координат с помощью в глобальной системе позиционирования, среди которых выделяют автономные и относительные.

Суть автономного метода заключается в следующем:

- вычисляются кодовые псевдодалности до четырех и более спутников;
- на основе данных эфемерид рассчитывается координаты каждого из этих спутников. решается следующая система уравнений (приведена для четырех спутников):

$$\begin{aligned}(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 &= (ps_1 + r)^2 \\(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 &= (ps_2 + r)^2 \\(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 &= (ps_3 + r)^2 \\(x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2 &= (ps_4 + r)^2\end{aligned}$$

где  $(x_i, y_i, z_i)$  – координаты  $i$ -ого спутника,  $ps_i$  - кодовая псевдодальность  $i$ -ого спутника. Решая систему уравнений, получим значения искомым неизвестными  $(x, y, z, r)$  - три координаты и отклонение часов приемника.

Точность определения координат в автономном режиме невысока и может достигать десятков метров.

Относительные методы предполагают наличие других приемников (или приемника), антенны которых установлены в точке с заранее известными точными координатами. Такие приемники называются базовыми. Приемник координаты антенны которого необходимо вычислить называется ровером.

Предполагается, что погрешности спутникового синхронизатора, эфемерид, ионосферы, тропосферы с одинаковой силой влияют как на базовый приемник, так и на ровер из-за их близкого расположения.

Относительные методы можно разделить на:

- методы, использующие кодовые измерения
- методы, использующие фазовые измерения

Относительные методы получения координат в англоязычной литературе называются методами DGPS (differential global positioning system).

Методы DGPS можно разделить на:

- методы, работающие в режиме постобработки
- методы, работающие в режиме реального времени

Режим постобработки предусматривает совместную обработку данных от базового приемника и ровера на ЭВМ после проведения измерений.

Методы же реального времени предполагают передачу поправок через радиоканал от базовой станции на ровер. Поправки обычно передаются с периодом в несколько секунд

Относительный метод реального времени сантиметровой точности является метод RTK (real time kinematic).

### **3. Аппаратура пользователей систем глобального позиционирования.**

Типовой «приемник GPS» включает: антенну, приемное устройство, управляющее устройство (контроллер) и аккумулятор.

Антенна может быть встроена в корпус самого приемника или использоваться в виде выносного модуля, который соединен с приемником специальным кабелем. Антенны могут быть одночастотные, то есть настроенные на прием только частоты L1 или двухчастотные, принимающие частоты L1 и L2.

Все приемники являются многоканальными, где каждый канал “следит” за своим спутником. Чем больше каналов, тем легче приемнику обнаружить необходимое количество спутников.

Приемники можно классифицировать на:

- односистемные, ориентированные на прием сигналов только от одной навигационной системы (обычно GPS)
- многосистемные, принимающие сигналы одновременно от нескольких системы (GPS, GLONASS и т.д.).

По видам принимаемых сигналов приемники можно разделить на (для системы GPS):

- кодовые, одночастотные работающие по SA-коду
- кодово-фазовые одночастотные, обрабатывающие SA-код и фазовые измерения на частоте L1
- кодово-фазовые двухчастотные, использующие по коду и фазе на обоих частотах (L1, L2).

Приемники могут выдавать следующую информацию, получаемую в результате обработки спутниковых сигналов.

- координаты местоположения антенны приемника;

- скорость перемещения приемника (антенны приемника) и его азимут;
- точное время;
- информацию о спутниках;
- значение DOP (геометрическое ухудшение точности) для множества спутников, участвующих в решении.

Протоколы, используемые приемниками, обычно разделяют на бинарные и текстовые. Одним из самых распространённых текстовых протоколов является протокол NMEA.

#### **4. Протокол NMEA.**

Для обмена данными между приёмниками спутниковых систем GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU, QZSS, NavIC с другими модулями систем навигации и управления мобильных роботов используют стандарт NMEA 0183.

NMEA (National Marine Electronics Association) — это американская торговая организация, занимающаяся вопросами стандартизации протоколов коммуникации между оборудованием морской электроники. NMEA предлагает 4 основных стандарта:

- NMEA 0400 — стандарт, описывающий требования к монтажу и подключению электрооборудования.

- NMEA 0183 – комбинированный стандарт, описывающий как электрические требования, так и коммуникационные (формат данных) для взаимодействия с блоками морской электроники такими, как эхолоты, сонары, анемометры, гирокомпасы, системы автопилотирования, приёмниками спутниковых систем и многими другими на скорости 4800бод/с либо 38.4кбод/с для версии High Speed. Основан на последовательной шине UART/USART RS-422 и RS232.

- NMEA 2000 – коммуникационный стандарт, основанный на шине CAN, высокоскоростной, до 250кбит/с, используется для подключения дисплеев, систем телеметрии судовых двигателей, автопилоты, устройств измерения скорости ветра, акустических измерителей глубины и многих других.

- NMEA OneNet – самый высокоскоростной стандарт коммуникации, базирующийся физически на стандарте IEEE 802.3 Ethernet и протоколно на IPv6, предназначен для подключения радаров, передачи видео- и аудиоинформации.

Наиболее широко распространённым за пределами судового электрооборудования стал NMEA 0183, пришедший на смену NMEA 0180 и 0182. Последняя версия стандарта на текущий момент 4.11, вышедшая в ноябре 2018 года. Его популярность обусловлена широким применением в качестве основного протокола обмена данными с различными модулями спутниковой навигации.

Электрически стандарт базируется на RS-422 и является совместимым с RS-232. На уровне данных обеспечивается скорость 4800 бод/с, 8 бит данных, 1 стоп бит, без битов чётности и рукопожатий (для модификации NMEA-0183HS доступна скорость 38400бод/с). Используется типовой набор ASCII символов. Протокол однонаправленный, поэтому допускается к одному источнику, например, GPS-приёмнику, подключать несколько приёмников (слушателей), например, систему автопилота, систему отображения координат на дисплей и т.д.

Все передаваемые данные являются ASCII символами. Зарезервированными являются следующие символы:

<CR> – (0xd) возврат каретки;

<LF> – (0x0a) перенос строки, конец сообщения;

! – (0x21) разделитель начала обёрнутого сообщения;

\$ – (0x24) стартовый разделитель;

\* – (0x2a) разделитель контрольной суммы;

, – (0x2c) разделитель полей;

\ – (0x5c) разделитель полей тэгов;

^ – (0x5e) кодовый разделитель для нестандартных (локальных языковых символов);

~ – (0x7e) зарезервировано.

Максимальная длина сообщения составляет 82 символа, включая стартовый «!» или «\$» и заканчивая <LF>.

Пакет начинается символом «\$» или «!» (для пакетов с нестандартными символами).

Затем идут 5 символов, описывающих передатчик сообщения, из которых первых 2 символа — идентификатор передатчика, затем 3 символа — тип пакета. Далее идут поля данных, разделённые запятыми, если какое-то поле отсутствует, то после него ставится также запятая, т.е. оставляется пустым «,,».

После полей данных ставится символ «\*» и за ним следует контрольная сумма в виде двухзначного шестнадцатеричного числа, рассчитываемого из всех предыдущих символов посредством функции исключающего или (XOR). Завершается сообщение парой символов возврата каретки и переноса строки <CR> и <LF>.

Рассмотрим следующий пример:

```
$GPGGA,195014.000,5391.788,N,02759.37,  
E,4,13,1.00,295.144,M,29.200,M,0.10,0000*40
```

Где GP – идентификатор устройства, в данном случае GPS приёмник, для ГЛОНАСС – GL, Galileo – GA, BeiDou – BD или GB, GPS + ГЛОНАСС – GN [6].

GGA – тип данных, в этом примере фиксированные данные глобальной системы позиционирования, возможны ещё:

GLL – географическое положение широта и долгота;

GSA – GNSS DOP и подробные сведения об активных спутниках;

GSV – GNSS спутники и подробная информация такая, как азимут и угол над горизонтом каждого спутника;

RMC – рекомендуемые минимально определяемые данные GPS;

VTG – курс относительно земли и скорость;

GST – приблизительная точность по вертикали и горизонтали.

195014.000 – время в формате UTC чммсс.ссс, где ч — часы, м — минуты, а с — секунды с миллисекундами.

5391.788 – широта, 2 цифры градусы, 2 цифры целая часть минут и дробная после точки переменной длины, в зависимости от точности. N – для северной широты и S ставят для южной.

02759.37 — долгота (3 цифры для градусов, 2 — для целой части минут и дробная часть переменной длины после точки. E – для восточной, W – для западной.

4 — идентификатор качества данных, 1 — данные некорректны, 2 — дифференциально скорректированная координата (для систем DGPS, WAAS и т. д.), 4 — RTK с фиксированной координатой (сантиметровая точность), 5 — RTK движущаяся.

13 — число спутников, используемых для определения координаты.

1.00 — параметр снижения точности (HDOP - horizontal dilution of precision).

295.144 – высота антенны приёмника над уровнем моря.

M – определяет систему счисления высоты M — метры, F – футы.

29.200 — геоидальное разделение, с его помощью можно получить высоту над эллипсоидом (NAE), для этого этот параметр надо вычесть из высоты.

M — система счисления геоидального разделения (метрическая).

0.10 — возраст коррекции (сколько времени прошло с последней коррекции данных).

0000 — идентификатор станции коррекции.

\*40 — разделитель «\*» и значение контрольной суммы в шестнадцатеричном формате.

В примере рассмотрен лишь один из возможных видов пакета, в то время, как их существует несколько, содержимое которых определяется идентификатором пакета и типом устройства (первые 5 символов после стартового \$ или !), например скорость движения, данные компаса, картографические данные, контрольные данные приёма маяков, маршруты и т.д. Более того, у многих производителей навигационного оборудования есть собственные, проприетарные типы пакетов, в которые может закладываться различная сервисная и служебная информация.

Стандартизация обмена данными позволяет добиться необходимых параметров надёжности и безопасности изделий, а также снизить временные и финансовые затраты на разработку систем, поскольку позволяет тиражировать собственные программные и аппаратные наработки, а также обеспечивает совместимость систем различных производителей.

### 5. Оценка точности определения координат GPS приемником

Основные меры, используемые для оценки точности определения координат антенны приемника - стандартное отклонение -  $SD$  (standard deviation) и круговое вероятное отклонение -  $CEP$  (circular error probable).

Стандартное отклонение определяется как квадратный корень из дисперсии случайной величины.

На практике распределение случайной величины неизвестно и имеется лишь конечная выборка значений случайной величины (в данном случае координаты точки). Тогда можно применить следующую формулу для расчета стандартного отклонения на основе выборки из  $N$  измерений:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

где  $x_i$  -  $i$ -ое значение случайной величины,  $\bar{x}$  - среднее значение случайной величины.

Величина среднеквадратического отклонения показывает разброс значений в представленном множестве относительно средней величины. Таким образом, малое значение  $SD$  свидетельствует о том, что значения в множестве  $N$  компактно сгруппированы вокруг среднего значения. Круговое вероятностное отклонение определяется как значение радиуса круга, в который “попадает” заданный процент точек. Например, процент может быть задан, как 50%, 90%, 95%, 98%. Поставим эксперимент по оценке точности определения координат двух различных приемников: SIM808 и Ublox NEO-7M. Пусть оба приемника работают в автономном режиме определения координат. Антенны для обоих приемников установлены на расстоянии 15 сантиметров друг от друга. Оба приемника выдавали сообщения GPGGA в формате NMEA с частотой 1 Герц на PC с OS Windows 10. Для обработки сообщений от приемника Ublox NEO-7M на PC установлена программа U-Center 8.29, которая принимала сообщения и записывала их в файл. Аналогично, приемник SIM808 посылал сообщения на тот же компьютер, а программа Termite-3.3 принимала сообщения и записывала их в файл. Собранные файлы были сконvertированы из формата nmea (текстовый файл с nmea сообщениями) в формат grx с помощью онлайн сервиса [NMEA to GPX Converter Online - MyGeodata Cloud](https://www.mygeodata.cloud/nmea-to-gpx/).

Оба файла в формате grx были загружены в программу U-Center 8.29 для получения карт разброса, приведенных ниже на рисунках 1 и 2.

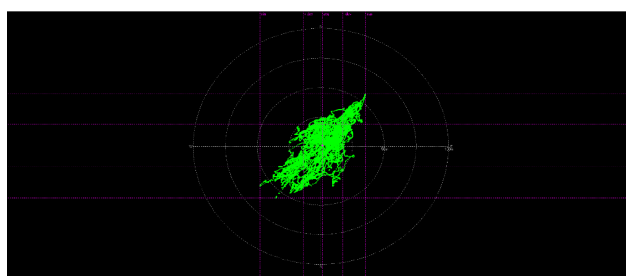


Рисунок 1. Карта измеренных координат, построенная в программе U-Center 8.29 для приемника SIM808

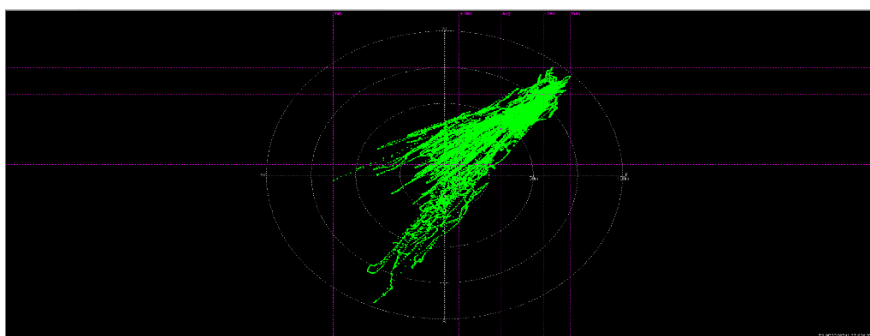


Рисунок 2. Карта измеренных координат, построенная в программе U-Center 8.29 для приемника U-Blox NEO7M.

По рисункам визуально можно оценить, что координаты, измеренные приемником SIM808 имеют меньший разброс. Для количественной оценки точности измерения координат можно воспользоваться программой DNR GPS. Результаты вычислений сведены в нижеприведенной таблице.

Таблица 1. Значения показателей точностей для приемников SIM808 и U-Blox NEO-7M

	SIM808	U-Blox NEO-7M
SD (широта)	0,000161	0,000218
SD (долгота)	0,000242	0,000363
СЕР (50%)	18,9	26,2
СЕР (90%)	37,7	47,5
СЕР(95%)	41,1	62,1
СЕР(98%)	44,7	83,5

Как следует из таблицы, все значения SD и СЕР приемника SIM808 меньше чем соответствующие показатели для приемника U-Blox NEO-7M, следовательно, можно сделать вывод, что приемник SIM808 измеряет координаты точнее, чем приемник U-Blox NEO-7M. Обладая такими данными, при необходимости, не составит труда определить на сколько эффективнее один приемник по сравнению с другим по каждому из показателей. По аналогии можно проводить исследования по оценке точности определения координат относительными методами, скорости перемещения, азимута и др. параметров, определяемых различными приемниками.

### Список литературы

- [1] Серапинас Б.Б. “Глобальные системы позиционирования” Москва, 2002.  
 [2] Антонович К. М. “Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии” Том 1 Москва, 2005.  
 [3] Яценков В.С. “Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС” Москва, 2005  
 [4] NMEA-0183 messages: Overview [Электронный ресурс]. URL: [https://receiverhelp.trimble.com/alloy-gnss/en-us/NMEA-0183messages\\_MessageOverview.html](https://receiverhelp.trimble.com/alloy-gnss/en-us/NMEA-0183messages_MessageOverview.html) (Дата обращения: 19.03.2023).  
 [5] Special Topics - GPS [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=16xHIBmul\\_o&list=PLX2gX-ftPVXXGdn\\_8m2HCIJS7CfKMCwol](https://www.youtube.com/watch?v=16xHIBmul_o&list=PLX2gX-ftPVXXGdn_8m2HCIJS7CfKMCwol) (Дата обращения: 20.03.2023).



## **PRINCIPLES OF OPERATION AND COMPARISON OF ACCURACY CHARACTERISTICS OF SATELLITE RECEIVERS**

***M.M. Tatur***

*Professor of Electronic Computing  
Machines Department Professor,  
Doctor of Technical Science*

***A.D. Konikov***

*Postgraduate of Electronic  
Computing Machines Department*

***I.N. Nosarau***

*Master's student of group 155841,  
Electronic Computing Machines  
Department, BSUIR*

*Department of Electronic Computing Machines*

*Faculty of Computer Systems and Networks*

*Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus*

*E-mail: tatur@bsuir.by*

**Abstract.** The main purpose of this article is to consider the main provisions underlying satellite positioning. The main types of errors affecting the accuracy of determining pseudo-distances, methods of determining coordinates, types of satellite receivers are given. The text protocol for the issuance of satellite information NMEA-0813 is described. The values of positioning accuracy indicators for two receiver models are calculated.

**Keywords:** GPS, GLONASS, RTK, NMEA, satellite receiver.