

## ГЕОДЕЗИЯЛЫК ЧЫГАРМАЛАРДЫ ЖҮЗӨГӨ АШЫРУУДА КОЛДОНУЛГАН GPS-КАБЫЛДАГЫЧТЫН МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН САЛЫШТЫРМАЛУУ ТАЛДОО

Шаршеев Т.Т.<sup>1</sup>, Исаидинова И.И.<sup>1</sup>, Кудабаев М.Д.<sup>2</sup>, Исмаилов Н.Ы.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Н. Исанов атындагы КМКТАУ, “Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын магистрант, [sharsheevtalgat697@gmail.com](mailto:sharsheevtalgat697@gmail.com), [erkaiymsharabidinova@gmail.com](mailto:erkaiymsharabidinova@gmail.com)

<sup>(2)</sup>Н. Исанов атындагы Кыргыз Мамлекеттик Курулуш, Транспорт жана Архитектура Университети, Кыргызстан, Бишкек ш., Малдыбаев көч., 34Б, “Геодезия жана геоинформатика” кафедрасынын ага окутуучусу, [nur\\_ismailove@mail.ru](mailto:nur_ismailove@mail.ru), [mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)

**Аннотация.** Макалада геодезиялык чыгармаларды жүзөгө ашырууда колдонулган GPS-кабылдагычтын алуучусунун мүнөздөмөлөрүн салыштырмалуу талдоо жөнүндө айтылат. Бул макаланын максаты - ар кандай каналдардын GPS-кабылдагычтын функцияларын илимий жактан салыштырмалуу талдоо жүргүзүү. Толук салыштырмалуу талдоо үчүн бир жыштык жана эки жыштык GPS-кабылдагычтын алуучулардын техникалык мүнөздөмөлөрү көрсөтүлдү. Бир жыштык жана бир жыштык жана эки жыштык GPS-кабылдагычтын алуучулардын салыштырмалуу талдоо, айырмачылыктар, өзгөчөлүктөрү жана артыкчылыктары аныкталды. Эң ылайыктуу өтүнмөлөр, өлчөө жана колдонуу өзгөчөлүктөрү боюнча айырмачылыктар көрсөтүлгөн. Түзмөктү колдонуунун колдонулушун эске алуу менен, техникалык мүнөздөмөлөрдү дыкат иликтөө, эң ылайыктуу тандоодон да адис жасоого мүмкүндүк берет.

**Өзөктүү сөздөр:** GPS-кабылдагыч, бир жыштык жана эки жыштык, салыштырмалуу талдоо, техникалык мүнөздөмөлөр, өлчөө тактыктары.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК GPS-ПРИЕМНИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Шаршеев Т.Т.<sup>1</sup>, Исаидинова Э.И.<sup>1</sup>, Кудабаев М.Д.<sup>2</sup>, Исмаилов Н.Ы.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>КГУСТА им. Н. Исанова”, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34Б, Магистрант кафедры “Геодезия и геоинформатика” [sharsheevtalgat697@gmail.com](mailto:sharsheevtalgat697@gmail.com), [erkaiymsharabidinova@gmail.com](mailto:erkaiymsharabidinova@gmail.com)

<sup>(2)</sup>КГУСТА имени Н. Исанова”, Кыргызстан, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34Б, Ст.преп. кафедры “Геодезия и геоинформатика”, [nur\\_ismailove@mail.ru](mailto:nur_ismailove@mail.ru), [mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)

**Аннотация.** В статье говорится про сравнительный анализ характеристик GPS-приемников, используемые при выполнении геодезических работ. Целью данной статьи является проведение научного сравнительного анализа функциональных возможностей GPS-приемников различных частот. Для подробного сравнительного анализа были приведены технические характеристики GPS- приемников одночастотных и двухчастотных. По результатам сравнительного анализа выявлены отличия, особенности и преимущества одночастотных и двухчастотных GPS- приемников. Показаны наиболее подходящие области применения, различия в точности измерения и особенности использования. Подробное изучение технических характеристик с учетом области применения того или иного прибора позволяет сделать специалисту наиболее целесообразный выбор.

**Ключевые слова:** GPS-приемников, одночастотных и двухчастотных, сравнительный анализ, технические характеристики, точности измерений.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF GPS RECEIVERS USED IN THE IMPLEMENTATION OF GEODESIC WORKS

Sharsheev T.T.<sup>1</sup>, Isaidinova E.I.<sup>1</sup>, Kudabayev M.D.<sup>2</sup>, Ismailov N.Y.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Master student of the “Geodesy and geoinformatics” department KSUCTA of N.Isanov  
[sharsheevtalgat697@gmail.com](mailto:sharsheevtalgat697@gmail.com), [erkaiymsharabidinova@gmail.com](mailto:erkaiymsharabidinova@gmail.com)

<sup>(2)</sup>Senior teacher of the “Geodesy and Geoinformatics” department KSUCTA of N.Isanov  
[nur\\_ismailove@mail.ru](mailto:nur_ismailove@mail.ru), [mirlan\\_kudabayev@mail.ru](mailto:mirlan_kudabayev@mail.ru)

**Abstract:** The article speaks about a comparative analysis of the characteristics of GPS receivers used in the implementation of geodesic works. The purpose of this article is to conduct a scientific comparative analysis of the functional capabilities of GPS receivers of various frequencies. For a detailed comparative analysis, the technical characteristics of single-frequency and two-frequency gps receivers were shown. According to the results of comparative analysis, differences, features and advantages of single-frequency and two-frequency GPS receivers are revealed. The most appropriate applications, differences in accuracy of measurement and features of use are shown. A detailed study of the technical characteristics, taking into account the scope of the application of a device, makes it possible to make a specialist than the most appropriate choice.

**Key words:** GPS receivers, single frequency and two-frequency, comparative analysis, specifications, measurement accuracy.

### Введение

На сегодня роль GPS-приемников в геодезии стоит на высоком уровне: помогает изучать труднодоступные территории, простота использования и технической продвинутости.

GPS- приемник – радиоприёмное устройство для определения географических координат текущего местоположения антенны приёмника, на основе данных о временных задержках прихода радиосигналов, излучаемых спутниками навигационных систем. В зависимости от используемой системы навигации разделяются на GPS-приёмники, ГЛОНАСС-приёмники и так далее, однако в настоящее время большинство потребительских и профессиональных спутниковых приёмников умеют работать с несколькими спутниковыми системами навигации. Сегодня, бесспорно, самые передовые измерения выполняются на GPS-приемниках, который способен выполнять гораздо больше функций [6].

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК GPS- ПРИЕМНИКОВ

Таблица 1. Технические характеристики GPS- приемников одночастотных [3].

GPS-приемники	South H66	Trimble R3	LEICA SR20
---------------	-----------	------------	------------

Число каналов	12	12	12
Количество частот	L1 GPS- C/A код и фаза несущей L1	L1 C/A код, полный цикл фазы несущей L1	L1 C/A код, полный цикл фазы несущей L1
Точность в режиме «статика»	В плане: 3 мм + 1 мм/км, по высоте: 5 мм + 1 мм/км	В плане: $\pm(5 \text{ мм} + 0.5 \text{ ppm})^2$ , по высоте: $\pm(\pm 5 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})^2$	В плане: 10мм + 2 мм/км, по высоте: 20мм + 2 мм/км
Точность в режиме «кинематика»	Сантиметровая точность в хороших условиях, дециметровая точность при нормальных условиях	В плане: $\pm(10 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})^2$ , по высоте: $\pm(20 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})^2$	-
Запись данных	1 Гц	1 Гц	1 Гц
Вес	0.6кг	0.62кг	0.65кг
Страна производитель	Китай	Америка	Германия

Таблица 2. Технические характеристики GPS- приемников двухчастотных [4].

GPS-приемники	South S82-T	Topcon GB-1000	Trimble 5800
Число каналов	220	40	24

<i>Количество частот</i>	<i>L1 C/A, L2E, L2C, L5</i>	<i>GPSL1+L2 C/A код и несущая</i>	<i>L1 C/A кода, полного цикла фаз несущих L1/L2, WAAS/EGNOS</i>
<i>Точность в режиме «статика»</i>	<i>В плане ±2.5 мм + 0.5 мм/км, по высоте: ±5 мм + 0.5 мм/км</i>	<i>В плане: 3мм + 0.5мм/км (L1+L2) 5мм+1.5мм/км (L1), по высоте: 5мм + 0.5мм/км (L1+L2) 10мм + 1.5мм (L1)</i>	<i>В плане: 5 мм + 0,5 мм/км, по высоте: 5 мм + 1 мм/км</i>
<i>Точность в режиме «кинематика»</i>	<i>Сантиметровая точность в хороших условиях, дециметровая точность при нормальных условиях</i>	<i>В плане 10мм + 1мм/км (L1+L2), по высоте: 15мм + 1.5мм/км (L1+L2)</i>	<i>В 10 мм + 1 мм/км, по высоте: 20 мм + 1 мм/км</i>
<i>Запись данных</i>	<i>1 Гц</i>	<i>20 Гц</i>	<i>10 Гц</i>
<i>Вес</i>	<i>1,47 кг</i>	<i>1.0 (без аккумуляторов) кг</i>	<i>1,21 кг</i>
<i>Страна производитель</i>	<i>Китай</i>	<i>Япония</i>	<i>Америка</i>

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА GPS-ПРИЕМНИКОВ**

Система глобального позиционирования (GPS) сформирована 24 спутниками, выведенных на земную орбиту которые охватывают весь земной шар. Именно они и обеспечивают поддержку работоспособности всей навигационной системы. Спутниковые передатчики, мощность которых составляет 50 Вт, передают данные приемникам с Земли. Обеспечение бесперебойной координации группе спутников гарантируют атомные часы, считающиеся самыми точными. Частота работы

передатчиков составляет 1575,42 МГц, а также 1227,6 МГц. Система комплектуется спутниковыми приемниками, количество которых не ограничено. Для высокоточного оборудования, такого как GPS приёмник геодезический, используются сложные элементы, которые принимают сигналы от специальных передатчиков и фиксируют их [9].

**Результаты исследования и рекомендации.** Существует несколько методов работы с GPS приемниками, которые различаются по времени нахождения приемника на точке, координаты которой определяются:

- статический – наблюдения проводятся не меньше часа, точность измерений  $5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ ;
- быстростатический – 15-20 минут, точность сравнима со статическим методом, но менее достоверна;
- кинематический – длительность 30 секунд, точность  $1\text{-}2 \text{ см} + 2 \text{ мм/км}$ ;
- непрерывный кинематический – с непрерывным движением приемника по линейным объектам, точность 10-15 см;

RTK-метод, наиболее современный, скорость измерений несколько секунд, а точность сопоставима с быстростатическим способом [10].

Используемый в GPS-приемнике способ синхронизации сигналов является едва ли не важнейшей его характеристикой. Сложная структура сигнала, передаваемого от ИСЗ к приемнику, обусловила многообразие способов его обработки и наблюдений.

Наблюдения реализуются в самых простых по конструкции GPS-приемниках. Из принятого со спутника сигнала частоты L1 выделяется C/A-код (тогда приемник называется одночастотным) или из частотных сигналов L1 и L2 выделяется P-код (двухчастотный приемник). Производится сравнение соответствующего кода с эталонным кодом, который генерирует сам приемник. Точность определения координат при этом составляет:

- для одночастотного (L1) приемника — 100м;
- для двухчастотного (L1, L2) приемника — 16м.

На точность определения координат существенное влияние оказывают ошибки, возникающие при выполнении процедуры измерений. Природа этих ошибок различна. Неточное определение времени.

1. При всей точности временных эталонов ИСЗ существует некоторая погрешность шкалы времени аппаратуры спутника. Она приводит к возникновению систематической ошибки определения координат около 0.6 м.

2. Ошибки вычисления орбит. Появляются вследствие неточностей прогноза и расчета эфемерид спутников, выполняемых в аппаратуре приемника. Эта погрешность

также носит систематический характер и приводит к ошибке измерения координат около 0.6 м.

3. Инструментальная ошибка приемника. Обусловлена, прежде всего, наличием шумов в электронном тракте приемника. Отношение сигнал/шум приемника определяет точность процедуры сравнения принятого от ИСЗ и опорного сигналов, т.е. погрешность вычисления псевдодальности. Наличие данной погрешности приводит к возникновению координатной ошибки порядка 1.2 м.

4. Многопутность распространения сигнала. Появляется в результате вторичных отражений сигнала спутника от крупных препятствий, расположенных в непосредственной близости от приемника. При этом возникает явление интерференции, и измеренное расстояние оказывается больше действительного. Аналитически данную погрешность оценить достаточно трудно, а наилучшим способом борьбы с нею считается рациональное размещение антенны приемника относительно препятствий. В результате воздействия этого фактора ошибка определения псевдодальности может увеличиться на 2.0 м.

5. Ионосферные задержки сигнала. Ионосфера – это ионизированный атмосферный слой в диапазоне высот 50 – 500 км, который содержит свободные электроны. Наличие этих электронов вызывает задержку распространения сигнала спутника, которая прямо пропорциональна концентрации электронов и обратно пропорциональна квадрату частоты радиосигнала. Для компенсации возникающей при этом ошибки определения псевдодальности используется метод двухчастотных измерений на частотах L1 и L2 (в двухчастотных приемниках).

6. Тропосферные задержки сигнала. Тропосфера – самый нижний от земной поверхности слой атмосферы (до высоты 8 – 13 км). Она также обуславливает задержку распространения радиосигнала от спутника.

7. Геометрическое расположение спутников. При вычислении суммарной ошибки необходимо еще учесть взаимное положение потребителя и спутников рабочего созвездия. Для этого вводится специальный коэффициент геометрического ухудшения точности PDOP (Position Dilution Of Precision), на который необходимо умножить все перечисленные выше ошибки, чтобы получить результирующую ошибку. Величина коэффициента PDOP зависит от взаимного расположения спутников и приемника [11].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Технология GPS позволяет решать геодезические задачи самого разного уровня: от развития государственной геодезической сети до инвентаризации земельных участков. Практика показывает, что производительность труда возрастает при этом в

десятки раз. В зависимости от требуемой точности определения координат, лимита времени на измерения, условий выполнения работ, применяются GPS-приемники различных типов, однако все они работают в дифференциальном режиме и являются фазовыми (за исключением, может быть, некоторых задач ГИС (Геоинформационных систем), где достаточно точности кодового приемника)[11]. Основные характеристики некоторых геодезических приемников представлены в табл. 1,2. Наибольшее распространение на территории СНГ получила фазовая одночастотная (L1) аппаратура, поскольку она, с одной стороны, в 2-5 раз дешевле двухчастотной, а, с другой стороны, обеспечивает точность, достаточную для решения большинства практических задач.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. *Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 1. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. –334 с.: ил.*
2. *А.О. Куприянов Глобальные навигационные спутниковые системы: Учебное пособие. – М.: МИИГАуК, 2017. – 76 с.*
3. <https://www.rusgeocom.ru/products/gps-priemnik-trimble-r3>
4. [https://www.geomaterik.ru/catalog/gnss\\_priemniki/gps\\_priemnik\\_trimble\\_4600ls\\_0220257269/#tech](https://www.geomaterik.ru/catalog/gnss_priemniki/gps_priemnik_trimble_4600ls_0220257269/#tech)
5. <https://geodetika.ru/product/gnss-geodezicheskiy-priemnik-south-s82t/tekhnicheskie-kharakteristiki/>
6. [https://www.geomaterik.ru/catalog/gnss\\_priemniki/dgps\\_priemnik\\_leica\\_zeno\\_10/#tech](https://www.geomaterik.ru/catalog/gnss_priemniki/dgps_priemnik_leica_zeno_10/#tech)
7. *Корецкая, Г. А. Спутниковые навигационные системы в маркшейдерии : учеб. пособие / Г. А. Корецкая ; КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 93 с.*
8. <https://geo-teo.ru/stati/gps-priyomnik-geodezicheskij/>
9. <https://geosector-ekb.ru/blog/sputnikovaya-gps-geodeziya/>
10. <https://politoff.ru/dvukhchastotnyye-izmereniya/>
- 11.