



УДК 629.056.8

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).212–220

А. Б. Бадмаев, Л. В. Козиенко, Н. Н. Климов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 30 октября 2018 г.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОЧАСТОТНЫХ GPS / ГЛОНАСС ПРИЕМНИКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАНЕВРОВЫХ РАБОТ НА СТАНЦИИ

Аннотация. В работе проведен анализ вариаций координат, полученных одночастотными навигационными приемниками GPS / ГЛОНАСС и GPS в статическом режиме. Приведено сравнение погрешностей местоопределения навигационных приемников, а также характерные вариации координат аппаратуры разных производителей. При обработке спутниковых данных использовались различные расчетные методы. Проводился корреляционный анализ, статистический анализ, метод графических изображений с использованием пакета прикладных программ «MATLAB». Для изучения особенностей функционирования одночастотных навигационных приемников GPS / ГЛОНАСС, на базе Иркутского государственного университета путей сообщения авторами разработан специальный аппаратно-программный комплекс (полигон), функционирующий в круглосуточном режиме. Навигационная информация со спутников одновременно принимается тремя одночастотными приемниками GPS и ГЛОНАСС (два однотипных двухсистемных GPS / ГЛОНАСС приемника и один GPS приемник). По результатам непрерывных наблюдений проведен анализ вариаций широты, долготы и высоты приемников за одни и семь суток. Отмечена разница в характере вариаций координат приемников различного типа. Показано, что распределение значений вариаций координат подчиняется нормальному или Гауссовскому закону. Полученные погрешности в целом отвечают заявленной точности позиционирования одночастотной аппаратуры. Погрешности определения координат одночастотным GPS приемником оказались ниже по сравнению с двухсистемными одночастотными приемниками GPS / ГЛОНАСС (2DRMS 2,5 и 3,0–3,7 м соответственно). Коэффициент корреляции между однотипными приемниками GPS / ГЛОНАСС с течением времени уменьшается с 0,81 / 0,92 (одни сутки) до 0,67 / 0,81 (одна неделя) для широты / долготы соответственно. Полученные результаты в будущем могут использоваться для повышения точности определения координат при проведении маневровых работ на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: GPS, ГЛОНАСС, погрешности, одночастотный приемник, навигационные системы, координаты.

А. В. Badmaev, L. V. Kozienko, N. N. Klimov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

Received: October 30, 2018

AN THE POSSIBILITY OF USING SINGLE-FREQUENCY GPS/GLONASS RECEIVERS DURING SHUNTING OPERATIONS AT THE STATION

Abstract. This paper analyzes the coordinate variations obtained by the single-frequency GPS/GLONASS and GPS navigation receivers in the static mode. Positioning errors of navigation receivers, as well as characteristic variations in the coordinates of equipment of different manufacturers, are compared. Various calculation methods were used when processing satellite data. Correlation analysis, statistical analysis, a method of graphic images using the MATLAB software package were conducted. To study the features of the functioning of single-frequency GPS / GLONASS navigation receivers, the authors developed a special hardware-software complex (polygon) based on the IrGUPS, operating around the clock. Navigation information from satellites is simultaneously received by three single-frequency GPS and GLONASS receivers (two identical two-system GPS / GLONASS receivers and one GPS receiver). Based on the results of continuous observations, the analysis of variations in latitude, longitude and height of receivers for periods of 1 and 7 days was carried out. The difference in the character of the variations in the coordinates of receivers of various types is noted. It is shown that the distribution of values of the variations in coordinates obeys the normal or Gaussian law. The errors obtained generally correspond to the declared positioning accuracy of single-frequency equipment. The accuracy of determining the coordinates of a single-frequency GPS receiver turned out to be lower in comparison with two-system single-frequency GPS / GLONASS receivers (2DRMS 2.5 m and 3.0 – 3.7 m respectively). The correlation coefficient between the same type of GPS / GLONASS receivers decreases over time from 0.81 / 0.92 (one day) to 0.67 / 0.81 (one week) for latitude / longitude, respectively. The obtained results can be used in the future to improve the accuracy of determining the coordinates during the shunting operations in the railway transport.

Keywords: GPS, GLONASS, errors, single-frequency receiver, navigation systems, coordinates.

Введение

В современном мире крайне велика роль спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Они предназначены для определения ме-

стоположения, скорости и точного времени сухопутных, воздушных и морских потребителей. Системы способны обеспечить значительное повышение безопасности движения транспортных



средств, наиболее экономичное решение проблем в геодезии и картографии, а также в землеустройстве; помогают в освоении удаленных и малоизученных территорий, в точной синхронизации разнесенных в пространстве объектов, в быстром поиске и спасении терпящих бедствие и т. д. [1, 2]. На железной дороге с помощью систем GPS / ГЛОНАСС осуществляется контроль подвижного состава, объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств [3–5]. Вследствие чего понятен возрастающий интерес к основам и принципам построения СРНС [6, 7].

На сегодняшний день глобальный сервис позиционирования на территории практически всего земного шара осуществляют лишь две системы: отечественная ГЛОНАСС и американская GPS [6].

Точность определения местоположения пользователей сильно зависит от текущего состояния тропосферы и ионосферы, помехи отраженного сигнала на антенну спутникового приемника (многолучевость), разного рода неисправностей и задержек в навигационной аппаратуре, недостаточного количества видимых спутников и других факторов [8–12]. В настоящее время точность определения координат существующими одночастотными приемниками на перегонах железной дороги находится в пределах 10–15 м, что в целом удовлетворяет требованиям при движении на скоростях до 60–70 км/ч. Однако при проведении маневровых работ на станциях точность местоопределения локомотивов должна составлять 1–2 м, что на данный момент возможно только с использованием дорогостоящей двухчастотной навигационной аппаратуры. Поэтому особый интерес представляет разработка способов повышения точности определения координат при маневровой работе с использованием одночастотных приемников GPS / ГЛОНАСС [13–15]. На железной дороге одночастотные приемники входят в состав системы интервального регулирования движения поездов КЛУБ-УП [16].

В данной работе проводится сравнительный анализ погрешностей измерения одночастотных приемников ГЛОНАСС и GPS в целях наглядного представления различия в вариациях координат и точности позиционирования аппаратуры разных производителей. Полученные результаты в дальнейшем могут использоваться при изучении способов повышения точности местоопределения объектов на железнодорожном транспорте при маневровой работе.

Оборудование и методы исследования

Для изучения особенностей функционирования одночастотных навигационных приемников

GPS / ГЛОНАСС авторами разработан специальный аппаратно-программный комплекс (полигон), функционирующий в круглосуточном режиме. Для исключения влияния многолучевости и создания оптимальных условий приема спутниковых сигналов навигационная аппаратура размещена на крыше девятиэтажного здания университетского комплекса ИрГУПС (высота более 30 м) на специальной металлической конструкции. Там же в термобоксе установлен микрокомпьютер «Raspberry Pi 3» Model B под управлением ОС Linux, служащий для записи спутниковых данных. Мониторинг аппаратуры и управление полигоном осуществляется дистанционно по сети «Ethernet».

Для приема данных используется три навигационных одночастотных приемника:

два приемника «GlobalSat BU-353 GLONASS» – одночастотные двухсистемные 99-канальные GPS / ГЛОНАСС приемники на базе чипсета MTK3333 (далее – MTK1 и MTK2);

– «GlobalSat BU-353 S4» – одночастотный 48-канальный GPS приемник на основе чипсета SiRFStar IV (далее – GPS).

Приемники закреплены неподвижно на металлических фермах на расстоянии 1 м друг от друга в форме равностороннего треугольника. Принимаемые навигационной аппаратурой спутниковые данные представляют собой стандартные сообщения в формате NMEA, поступающие с частотой 1 Гц. В сообщениях содержатся: временная метка в формате UTC, географические координаты приемника (высота, широта и долгота), состояние навигационной группировки спутников и ряд других параметров.

В эксперименте используются данные, полученные за период с 30 сентября по 6 октября 2017 г. Статистический и корреляционный анализы принятых координат проводились при помощи программного комплекса «MATLAB» R2014a.

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее проведенные исследования показали, что статические одночастотные GPS / ГЛОНАСС приемники определяют свое местоположение с периодическими вариациями высоты, широты и долготы, которые связаны с особенностями алгоритмов обработки сигналов и с движением спутников орбитальной группировки [17–19].

Представлены вариации широты и долготы наблюдений всех трех приемников: GPS, MTK1 и MTK2 (рис. 1, 2). Стоит отметить, что время записи начинается с 00 ч 00 мин. 00 с по иркутскому времени и заканчивается в 23 ч 59 мин. 59 с для каждого сутка.

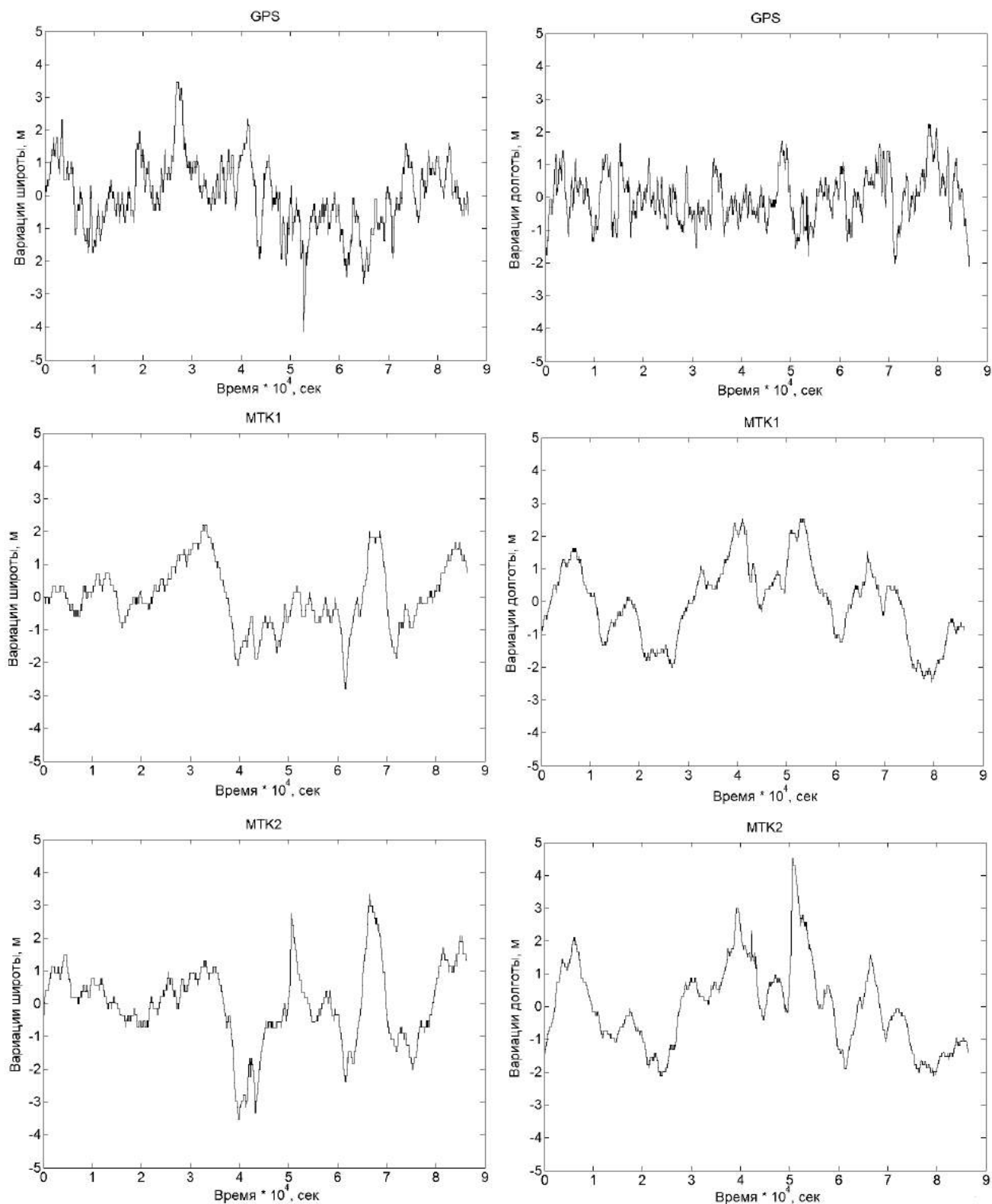


Рис. 1. Вариации широты (слева) и долготы (справа) приемников GPS, MTK1 и MTK2 в течение суток (30 сентября 2017 г.)

На графиках видны характерные вариации координат в течение суток. При этом заметна разница в вариациях координат между разными ти-

пами приемников (MTK1,2 и GPS), в то время как между однотипными приемниками MTK1 и MTK2 прослеживается определенная корреляция.

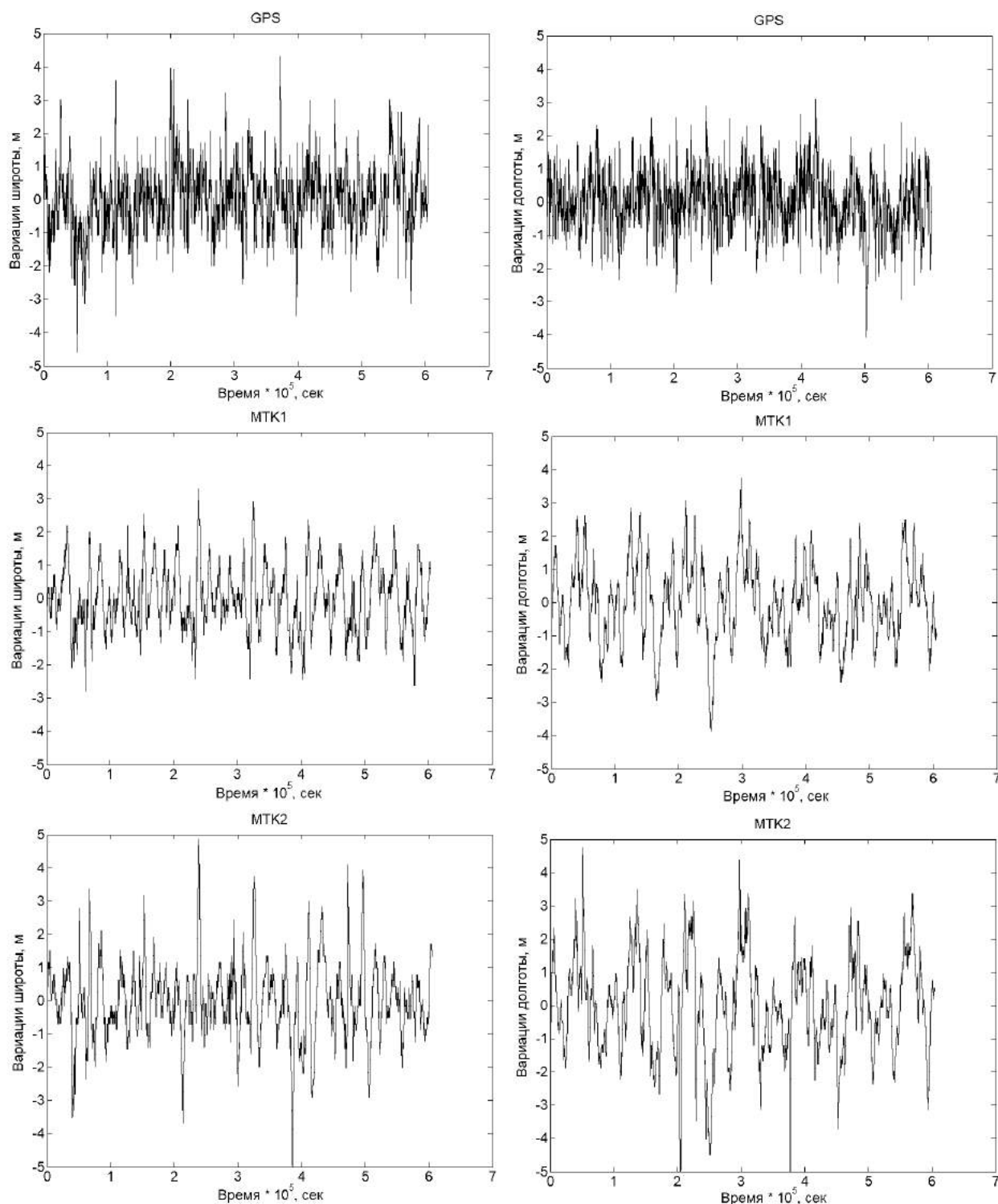


Рис. 2. Вариации широты (слева) и долготы (справа) приемников GPS, MTK1 и MTK2 в течение семи суток (30 сентября – 06 октября 2017 г.)

На графиках вариации координат, за исключением отдельных выбросов, находятся в пределах 6–7 м. Заметны повторяющиеся колебания широты и долготы с периодом в одни сутки в течение всех семи суток. Скорее всего это связано с количеством видимых спутников орбитальных группировок в течение суток. Стоит отметить, что харак-

тер вариаций координат у приемника GPS более «зашумлен», в отличие от приемников MTK.

Для наглядного представления характера распределения значений широты, долготы и высоты представлены гистограммы по данным всех трех приемников за семь суток (рис. 3–5).

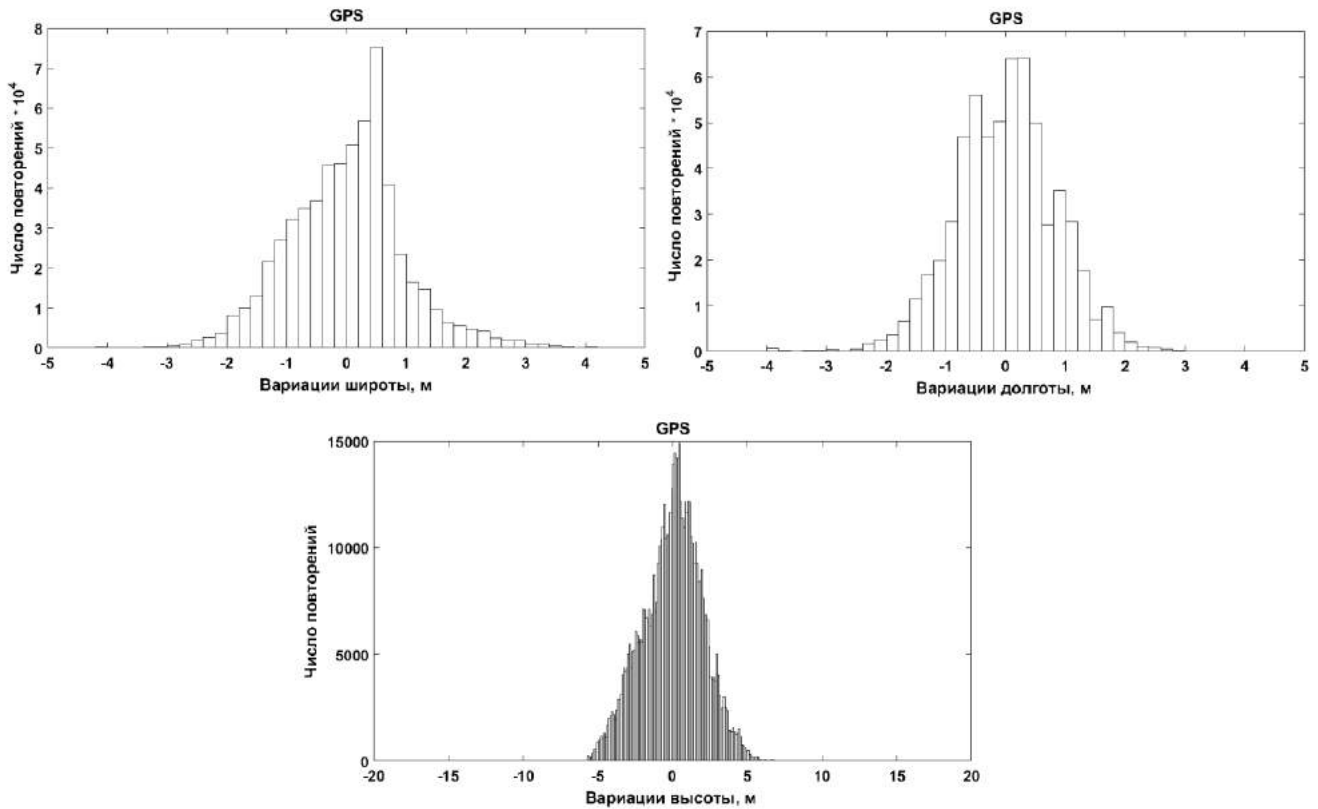


Рис. 3. Гистограммы широты (слева), долготы (справа) и высоты (снизу) для приемника GPS в течение семи суток (30 сентября – 06 октября 2017 г.)

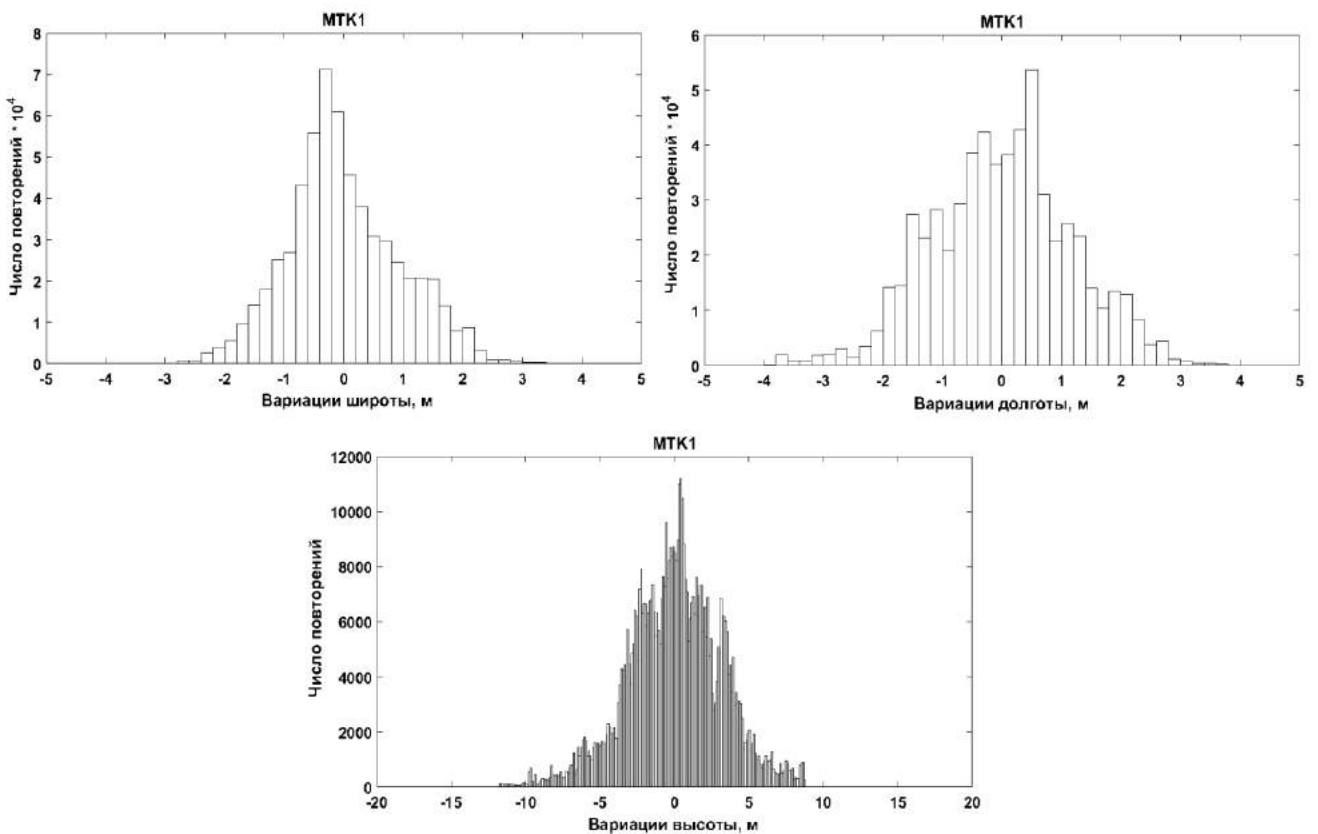


Рис. 4. Гистограммы широты (слева), долготы (справа) и высоты (снизу) для приемника MTK1 в течение семи суток (30 сентября – 06 октября 2017 г.)

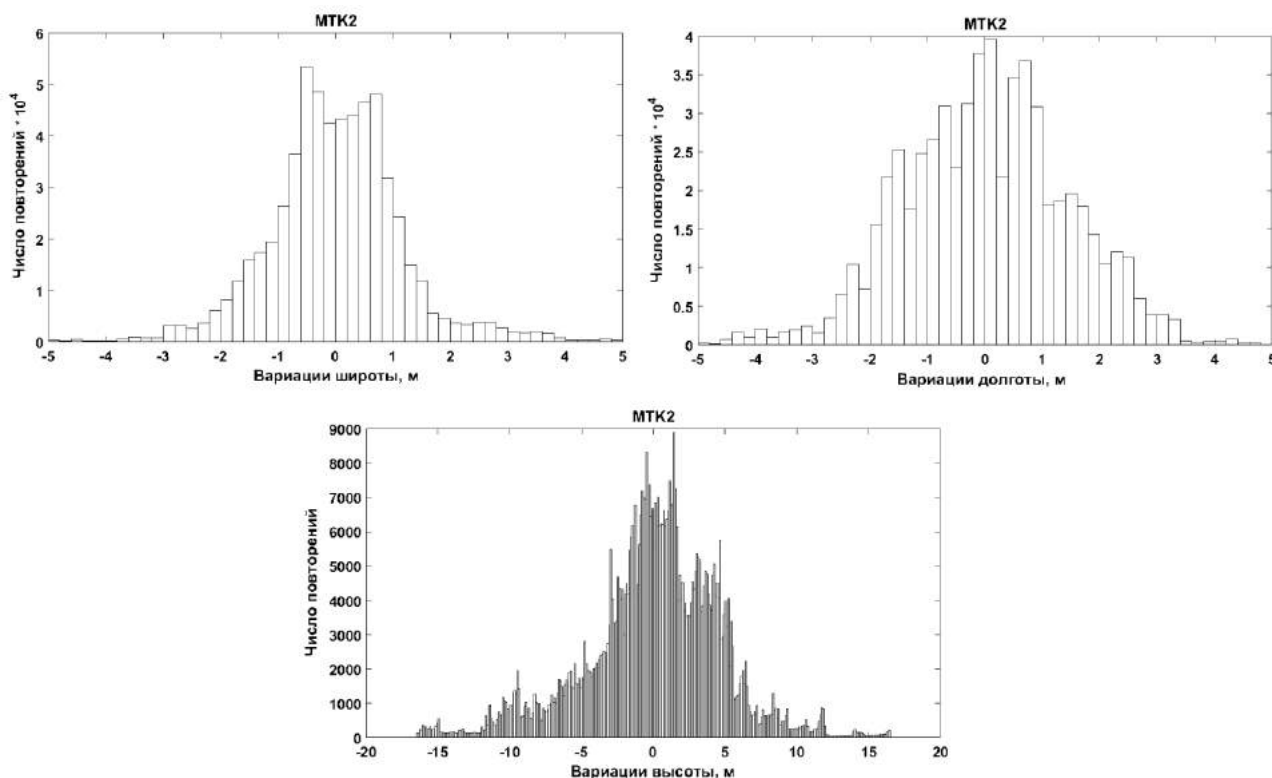


Рис. 5. Гистограммы широты (слева), долготы (справа) и высоты (снизу) для приемника МТК2 в течение семи суток (30 сентября – 06 октября 2017 г.)

Во всех случаях прослеживается Гауссовский или нормальный закон распределения. Большая часть значений находится в пределах ± 2 м для широты и долготы, и ± 5 м для высоты. Прослеживается более значительный разброс координат у приемника МТК2, что может быть связано с особенностями работы конкретного экземпляра. По результатам наблюдений, лучшую точность местоопределения показывает односистемный GPS приемник.

Представлены результаты оценки погрешностей определения координат всех приемников для данных, записанных в течение всего периода (30 сентября – 06 октября 2017 г.), а именно среднеквадратические отклонения (СКО), параметр CEP – радиус круга, куда попадают 50 % значений, 2DRMS – радиус круга, куда попадают 95 %

значений, а также средние значения высоты над уровнем моря (табл.).

По результатам анализа наблюдений видно, что величины среднеквадратического отклонения для широты и долготы находятся в одних пределах (около 1 м для широты и 0,8–1,4 м для долготы). Тогда как для высоты СКО варьируется довольно сильно (2–4,7 м). В целом односторонний приемник GPS показал более хорошие результаты, чем приемники МТК.

Коэффициенты корреляции для широты и долготы приемников МТК1 и МТК2 для одних суток равны 0,812 и 0,92 соответственно, тогда как для семи суток – 0,677 и 0,815, что является логичным исходя из однотипности данной аппаратуры. Корреляционный анализ для аппаратуры GPS не проводился ввиду различия оборудования.

Погрешности определения координат приемников

Приемник	СКО, м			CEP (50 %), м	2DRMS (95 %), м	Средняя высота, м
	Широта	Долгота	Высота			
GPS	0,975	0,841	2,018	1,071	2,575	497,749
МТК1	0,952	1,187	3,193	1,262	3,043	495,469
МТК2	1,154	1,481	4,77	1,554	3,754	495,541

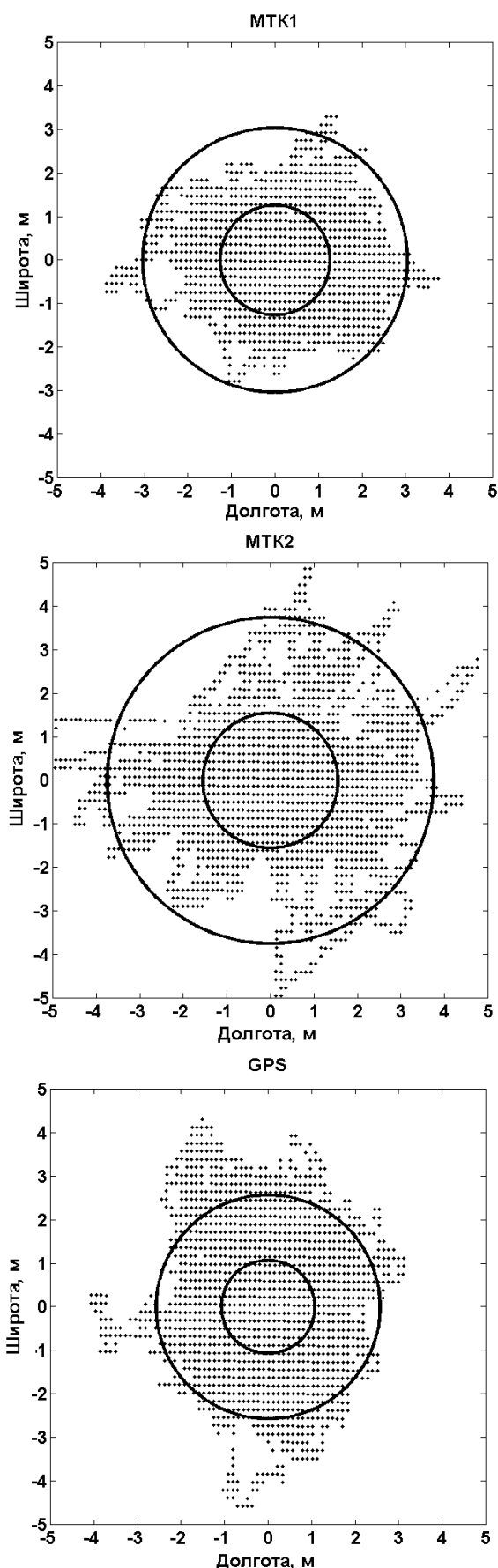


Рис. 6. Величина ошибки в плане для приемников MTK1, MTK2 и GPS

Для отображения вариаций координат в плане изображены картины попаданий координат относительно среднего значения в течение семи суток (рис. 6). В соответствии с представленными данными (см. табл.) окружность с меньшим радиусом отображает область, в которую попадает 50 % всех значений, в то время как окружность с большим радиусом – область, куда попадает 95 % значений.

Как видно (рис. 6), большая часть значений попадает в область с диаметром около 5–6 м, при этом 50 % значений попадает в область с диаметром около 2 м. Как и указывалось, разброс значений координат для приемника MTK2 оказался несколько выше, чем у других. Полученные значения в целом отвечают заявленной точности позиционирования одночастотной аппаратуры (примерно 15 м) [8, 9]. Однако, этого недостаточно при проведении маневровых работ.

Заключение

По результатам наблюдений замечено, что в течение суток у всех приемников наблюдается периодически повторяющиеся вариации координат. При этом у односистемного GPS приемника вариации координат оказываются более зашумленными в сравнении с двухсистемными GPS / ГЛОНАСС приемниками. Несмотря на это, GPS приемник показывает лучшие результаты при оценке погрешности определения координат, чем аналогичная одночастотная GPS / ГЛОНАСС аппаратура. Значения СКО всех трех приемников варьируются в пределах 0,84–1,48 м для широты и долготы, и 2–4,7 м для высоты. Коэффициент корреляции значений широты для однотипных приемников MTK1 и MTK2 уменьшается с 0,81 (30 сентября 2017 г.) до 0,67 (30 сентября – 06 октября 2017 г.). Для долготы коэффициент корреляции уменьшается не так сильно. Необходимо отметить, что данные результаты были получены в практически идеальных условиях (отсутствие переотражений, препятствий, статический режим и т. д.), поэтому при эксплуатации в реальных условиях, погрешности местоопределения окажутся выше.

Очевидно, что для повышения точности местоопределения при маневровой работе на железнодорожном транспорте необходимо учитывать как характерные суточные вариации координат, присущие всем типам одночастотных GPS / ГЛОНАСС приемников, так и вариации, связанные с особенностями функционирования навигационной аппаратуры конкретного производителя.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Vatansever S., Butun I. A broad overview of GPS fundamentals: Now and future // Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2017 IEEE 7th Annual. IEEE, 2017. P. 1–6.
2. Dow J. M., Neilan R. E., Rizos C. The international GNSS service in a changing landscape of global navigation satellite systems // Journal of geodesy. 2009. Vol. 83. No. 3-4. P. 191–198.
3. Гундаев И., Батраков А. Система управления движением локомотивов с использованием ГЛОНАСС/GPS // Современные технологии автоматизации. 2012. No. 3. С. 40–44.
4. Зорин В.И. Технология контроля подвижного состава на основе системы ГЛОНАСС/GPS // Автоматика, связь, информатика. 2008. No. 9. С. 17–18.
5. Цветков В.Я. Применение глобальных навигационных спутниковых систем для управления железнодорожным транспортом // Науки о Земле. 2014. No. 3. С. 61–68
6. Groves P. D. Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems. Artech house, 2013. 776 p.
7. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer Science & Business Media, 2007. 518 p.
8. Qureshi M. A. et al. Performance Comparison of Global Navigational Satellite Systems // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. 2017. Vol. 17. No. 12. P. 99–107.
9. Eissfeller B. et al. Performance of GPS, GLONASS and Galileo // Photogrammetric Week. 2007. Vol. 7. P. 185–199.
10. Hlubek N. et al. Scintillations of the GPS, GLONASS, and Galileo signals at equatorial latitude // Journal of Space Weather and Space Climate. 2014. Vol. 4. P. A22.
11. Yahya M. H., Kamarudin M. N. Analysis of GPS visibility and satellite-receiver geometry over different latitudinal regions (Kuala Lumpur, 13-15 Oct 2008) // International Symposium on Geoinformation (ISG 2008), Kuala Lumpur, Malaysia. 2008.
12. Poole I. GPS accuracy, errors & precision [Электронный ресурс] // Radio-electronics. 2012. Vol. 2. URL: <http://www.radio-electronics.com/info/satellite/gps/accuracy-errors-precision.php> (дата обращения: 04.11.2018).
13. X. Li, X. Zhang, X. Ren, M. Fritsche, J. Wickert, H. Schuh, Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS GLONASS Galileo and BeiDou // Sci. Rep. 2015. Vol. 5. P. 8328.
14. О новой возможности повышения точности позиционирования в одночастотной аппаратуре спутниковых радионавигационных систем / О.А. Горбачев и др. // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. No. 2. С. 150–157.
15. Горбачев О.А., Иванов В.Б., Холмогоров А.А. Дифференциально-временная коррекция ошибок позиционирования для спутниковых радионавигационных систем // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. No. 207. С. 17–22.
16. Гапанович В.А. Спутниковые технологии в инновационной стратегии ОАО «РЖД» // Автоматика, связь, информатика. 2008. No. 9. С. 2–4.
17. Анализ вариаций координат пространственно-разнесенных одночастотных GPS/ГЛОНАСС приемников / Л.В. Козиенко и др. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы пятой междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 2014. Т. 1. С. 341–346.
18. Временные вариации ошибок позиционирования в спутниковой навигационной системе GPS / О.А. Горбачев и др. // Научный вестник МГТУ ГА. 2013. No. 12 (198). С. 23–30.
19. Dogan U., Uludag M., Demir D. O. Investigation of GPS positioning accuracy during the seasonal variation // Measurement. 2014. Vol. 53. P. 91–100

REFERENCES

1. Vatansever S., Butun I. A broad overview of GPS fundamentals: Now and future. *Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 2017 IEEE 7th Annual. IEEE, 2017. Pp. 1–6.
2. Dow J. M., Neilan R. E., Rizos C. The international GNSS service in a changing landscape of global navigation satellite systems. *Journal of geodesy*, 2009. Vol. 83. No. 3-4. Pp. 191–198.
3. Gundaev I., Batrakov A. Sistema upravleniya dvizheniem lokomotivov s ispol'zovaniem GLONASS/GPS [The control system of locomotive movement using GLONASS / GPS]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii [Modern automation technologies]*, 2012. No. 3. Pp. 40–44.
4. Zorin V.I. Tekhnologiya kontrolya podvizhnogo sostava na osnove sistemy GLONASS/GPS [Rolling stock control technology based on the GLONASS / GPS system]. *Avtomatika, svyaz', informatika [Automation, communication, computer science]*, 2008. No. 9. Pp. 17–18.
5. Tsvetkov V.Ya. Primenenie global'nykh navigatsionnykh sputnikovykh sistem dlya upravleniya zheleznodorozhnym transportom [The use of global navigation satellite systems for the management of railway transport]. *Nauki o Zemle [Earth Sciences]*, 2014. No. 3. Pp. 61–68
6. Groves P. D. Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems. Artech house, 2013. 776 p.
7. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer Science & Business Media, 2007. 518 p.
8. Qureshi M. A. et al. Performance Comparison of Global Navigational Satellite Systems. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. 2017. Vol. 17. No. 12. Pp. 99–107.
9. Eissfeller B. et al. Performance of GPS, GLONASS and Galileo. *Photogrammetric Week*, 2007. Vol. 7. Pp. 185–199.
10. Hlubek N. et al. Scintillations of the GPS, GLONASS, and Galileo signals at equatorial latitude. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 2014. Vol. 4. Pp. A22.



11. Yahya M. H., Kamarudin M. N. Analysis of GPS visibility and satellite-receiver geometry over different latitudinal regions (Kuala Lumpur, 13-15 Oct 2008). *International Symposium on Geoinformation (ISG 2008)*, Kuala Lumpur, Malaysia. 2008.

12. Poole I. GPS accuracy, errors & precision [Elektronnyi resurs]. *Radio-electronics*, 2012. Vol. 2. URL: <http://www.radio-electronics.com/info/satellite/gps/accuracy-errors-precision.php> (Access date: 04.11.2018).

13. Li X., Zhang X., Ren X., Fritsche M., Wickert J., Schuh H., Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS GLONASS Galileo and BeiDou. *Sci. Rep.* 2015. Vol. 5. Pp. 8328.

14. Gorbachev O.A. et al. O novoi vozmozhnosti povysheniya tochnosti pozitsionirovaniya v odnochastotnoi apparature sputnikovykh radionavigatsionnykh sistem [On the new possibility of improving the positioning accuracy in single-frequency equipment of satellite radio navigation systems]. *Crede Experto: Transport Publ., obshchestvo, obrazovanie, yazyk [Crede Experto: transport, society, education, language]*, 2017. No. 2. Pp. 150–157.

15. Gorbachev O.A., Ivanov V.B., Kholmogorov A.A. Differential'no-vremennaya korrektsiya oshibok pozitsionirovaniya dlya sputnikovykh radionavigatsionnykh sistem [Differential-temporal positioning error correction for satellite radio navigation systems]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of Moscow State Technical University of Civil Aviation]*, 2014. No. 207. Pp. 17–22.

16. Gapanovich V.A. Sputnikovye tekhnologii v innovatsionnoi strategii OAO «RZhD» [Satellite technologies in the innovation strategy of Russian Railways]. *Avtomatika, svyaz', informatika [Automation, communication and Informatics]*, 2008. No. 9. Pp. 2–4.

17. Kozienco L.V. et al. Analiz variatsii koordinat prostranstvenno-raznesennykh odnochastotnykh GPS/GLONASS priemnikov [Analysis of the variations of coordinates of spatially separated single-frequency GPS / GLONASS receivers]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona : materialy pyatoi mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Transport Infrastructure of the Siberian Region: Materials of the Fifth International scientific and practical conf.]*. Irkutsk, 2014. Vol. 1. Pp. 341–346.

18. Gorbachev O.A. et al. Vremennye variatsii oshibok pozitsionirovaniya v sputnikovoi navigatsionnoi sisteme GPS [Temporary variations of positioning errors in the GPS satellite navigation system]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of Moscow State Technical University of Civil Aviation]*, 2013. No. 12 (198). Pp. 23–30.

19. Dogan U., Uludag M., Demir D. O. Investigation of GPS positioning accuracy during the seasonal variation. *Measurement*, 2014. Vol. 53. Pp. 91–100.

Информация об авторах

Authors

Бадмаев Алексей Баирович – аспирант кафедры автоматки, телемеханики и связи, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: alexey_1207@mail.ru

Козьенко Леонид Владимирович – к. т. н., доцент кафедры автоматки, телемеханики и связи, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: leo.kozienco@gmail.com

Климов Николай Николаевич – д. ф.-м. н., профессор кафедры автоматки, телемеханики и связи, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: klinn42@mail.ru

Aleksei Bairovich Badmaev – Ph.D. student at the Subdepartment of Automation, Telemechanics and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: alexey_1207@mail.ru

Leonid Vladimirovich Kozienco – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Automation, Telemechanics and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: leo.kozienco@gmail.com

Nikolai Nikolaevich Klimov – D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor at the Subdepartment of Automation, Telemechanics and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: klinn42@mail.ru

Для цитирования

For citation

Бадмаев А. Б. Сравнительный анализ погрешностей определения координат одночастотными GPS / ГЛОНАСС приемниками в статическом режиме / А. Б. Бадмаев, Л. В. Козьенко, Н. Н. Климов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 212–220. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).212–220

Badmaev A. B., Kozienco L. V., Klimov N. N. Sravnitel'nyi analiz pogreshnostei opredeleniya koordinat odnochastotnymi GPS/GLONASS priemnikami v staticheskom rezhime [On the possibility of using single-frequency GPS/GLONASS receivers during shunting operations at the station]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 212–220. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).212–220

УДК 656.02

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).220–226

Ю. О. Полтавская¹, В. Е. Гозбенко^{1,2}, А. В. Димов², Е. М. Лыткина²

¹ Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 08 ноября 2018 г.

КОНЦЕПЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ