

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ И МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Корнилов И. Н., Сеначина Е.С., Ергашёв Н. В.

ФГАО ВПО «Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия, (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 32) E-mail: ilya238@rambler.ru, kat-senachina@yandex.ru, nikerg@rambler.ru

Аннотация: В данной работе рассматриваются способы повышения точности глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС и GPS на основе использования системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ). В качестве канала передачи корректирующей информации и информации целостности используется спутниковая линия связи или интернет. СДКМ позволяет повысить точность определения местоположения потребителя ГНСС и осуществлять контроль целостности системы. В работе проведено исследование определения погрешностей псевдодальностей с использованием программы сайта СДКМ. На основании полученных результатов можно сделать выводы о том, какой спутник дает более точную информацию определения псевдодальности. Это позволяет отказаться от использования спутников, дающих наибольшие ошибки измерений, что в итоге повышает точность измерений координат потребителем. Выявлены преимущества использования СДКМ потребителями ГНСС и условия для ее применения.

Ключевые слова: спутниковая навигация, дифференциальный режим, точность определения координат.

Kornilov I.N., Senachina E. S., Ergashev N. V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, (620002, Yekaterinburg, Mira str., 32) E-mail: ilya238@rambler.ru, kat-senachina@yandex.ru, nikerg@rambler.ru

Abstract: Ways to improve the accuracy of global navigation satellite systems GLONASS and GPS based on the usage of differential correction and monitoring system (SDCM) are discussed in this paper. Satellite link or internet is used as a transmission channel for correction and integrity information. SDCM improve the accuracy of positioning and control the integrity of the system. The determination of errors pseudorange of with SDCM site is studied in this paper. On the ground of these results we can draw conclusions about which satellite provides a more accurate coordinate determination. This fact eliminates the usage of satellites that provides the greatest measurement errors, which ultimately improves the position accuracy. The advantages of using SDCM by users and the conditions for its implementation are explored.

Keywords: satellite navigation, differential mode, positioning accuracy.

Широкое применение спутниковых радионавигационных систем в различных сферах деятельности обуславливает повышенные требования к параметрам точности и целостности систем ГЛОНАСС и GPS. Точность сигнала – это усреднённый показатель, значение которого всегда зависит от внешних условий. Под целостностью системы понимают способность своевременно выявлять и предоставлять потребителю информацию об отказах в системе [1].

Погрешность определения координат навигационной аппаратуры потребителя (НАП) объясняется неточной синхронизацией времени прохождения сигнала между спутником и навигационным приёмником. На уровне космического сегмента она определяется точностью и стабильностью шкалы времени спутника, количеством используемых спутников и их взаимным расположением в зоне видимости объекта. Одновременно действует множество факторов, включающих атмосферные возмущения, облачность, переотражающие эффекты от препятствий, радиопомехи. Для компенсации этих ошибок и оценки качества функционирования систем ГЛОНАСС и GPS предназначены элементы наземной и космической инфраструктуры системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), включающей в себя 3 штатных спутника системы «Луч» [4]. На рис.1 представлены расчетные зоны обслуживания геостационарных спутников СДКМ.

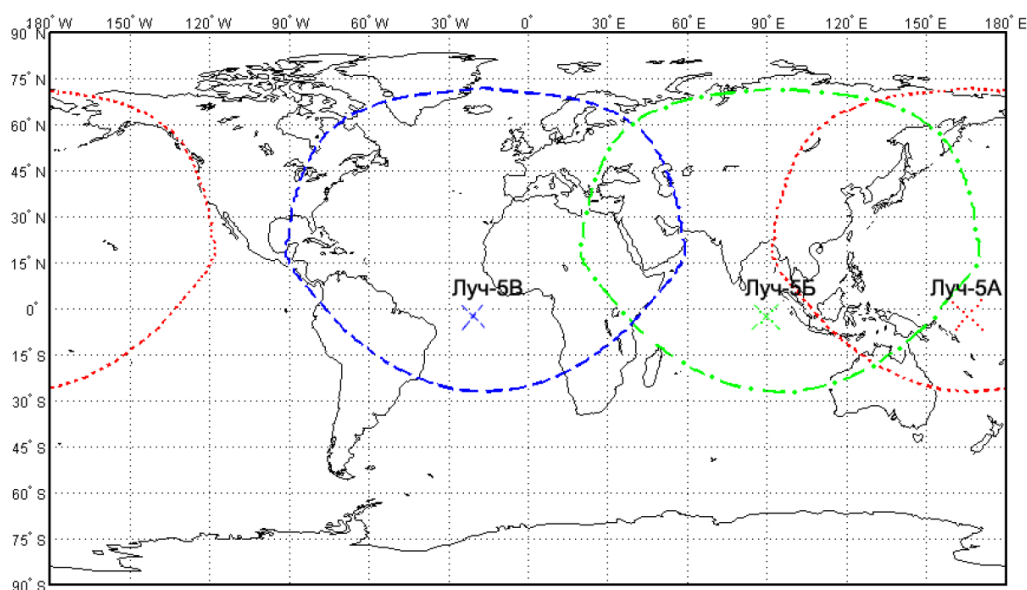


Рис. 1. Расчетные зоны обслуживания геостационарных КА СДКМ

Цель данной работы рассмотреть способы повышения точности позиционирования на основе использования СДКМ, провести анализ точности измерений псевдодальности спутников.

СДКМ состоит из двух подсистем: подсистемы космических аппаратов (ПКА) и наземной подсистемы контроля и управления [4]. Система осуществляет два типа мониторинга: оперативный и апостериорный. Основным назначением оперативного мониторинга (ОМ) является скорейшее предупреждение потребителя о возникновении нарушений в функционировании навигационной системы [1].

Задачей ОМ является выработка оперативной информации целостности, что включает:

1. оценку в реальном времени ошибок измерения псевдодальностей по спутникам ГЛОНАСС и GPS;
2. предоставление информации потребителям о величинах ошибок измерений псевдодальностей.

Мониторингу подвергаются гражданские сигналы ГЛОНАСС и GPS. Сигнал L1 СДКМ, является информационным и передает дифференциальные поправки и данные о

целостности потребителям навигационных радиосигналов [4]. Оцениваемые ошибки измерений содержат только компоненты, вносимые наземным и космическим сегментами систем ГЛОНАСС и GPS, т.е. отражают влияние лишь погрешностей эфемерид и частотно-временных поправок. На рис. 2 представлен интерфейс от ПКА до НАП СДКМ.

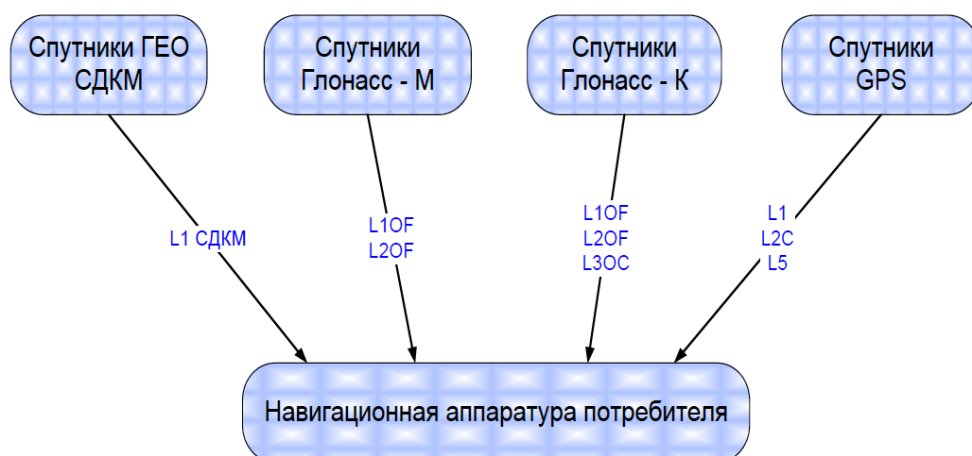


Рис. 2. Интерфейс от ПКА до НАП СДКМ.

Задачей апостериорного мониторинга (АМ) является выработка апостериорной информации целостности, которая включает:

1. оценку статистических характеристик: погрешностей эфемерид по каждому КА ГЛОНАСС и GPS, погрешностей частотно-временных параметров по каждому КА ГЛОНАСС и GPS, влияния тропосферы, влияния ионосферы, различия шкал времени ГЛОНАСС и GPS, точности навигационных определений;
2. фиксирование фактов аномального функционирования спутников и выяснение причин возникновения аномальных погрешностей;
3. предоставление информации потребителям.

Доступ к результатам оперативного и апостериорного мониторинга предоставляется посредством Internet с помощью специализированного сайта [4]. Результатом оперативного мониторинга являются значения индекса «In», оценки ошибок псевдодальностей в дискретном виде. Доступ к этой информации обеспечивается в режиме, максимально приближенном к режиму реального времени. На рис. 3 представлена таблица соответствия индекса «In» величине оценки предельной ошибки измерения псевдодальностей (e) в метрах.

In	0	1	2	3	4	5
e[м]	2.4	3.4	4.85	6.85	9.65	12

Рис. 3. Таблица соответствия индекса «In» величине предельной ошибки.

На данном сайте потребителям обеспечен доступ к результатам мониторинга, полученным за весь период работы системы, а также к результатам, получаемым в течение текущих

суток. Пример окна сайта [3] с результатами оперативного мониторинга представлен на рис. 4.

Сутки ГЛОНАСС: 1433 Время ГЛОНАСС: 14:03:41										
Источник	Станция	1	2	3	4	5	6	7	8	9
СДКМ	Ловозеро						0	0	0	
СДКМ	Пулково						5	2	2	5
СДКМ	Светлое						0	0	0	2
СДКМ	Менделеево						2	1	0	3
СДКМ	Геленджик						0	0	1	3
СДКМ	Кисловодск						0	1	0	1
СДКМ	Арти						0	1	0	2
СДКМ	Ноябрьск						2	1	0	3
СДКМ	Новосибирск						0	0	0	3
СДКМ	Норильск						1	1	0	4
СДКМ	Иркутск					0	0	2	0	2
СДКМ	Тикси						0	2	0	0
СДКМ	Якутск					2	2	2	5	3
СДКМ	Владивосток					0	0	1		3
СДКМ	Южно-Сахалинск					0	0	2		2
СДКМ	Магадан					0	0	2		0
СДКМ	Камчатка					1	0	2		3
СДКМ	Билибино						0	2	0	1
СДКМ	Бразилия	2	1	2					1	
СДКМ	Беллинсгаузен									
СДКМ	Новолазаревская		0	0	0					
СДКМ	Прогресс		0	0	0					

Рис. 4. Пример окна сайта СДКМ.

Санкционированный доступ к сервису высокоточного местоопределения осуществляется для пользователей с помощью программы «ВМ СДКМ». Программу можно скачать с сайта [3]. Программа предназначена для определения абсолютных координат неподвижных потребителей на основе обработки измерений ГЛОНАСС/GPS с использованием эфемеридно-временной информации СДКМ. Программа работает с файлами первичных измерений в формате RINEX. Это стандартный формат, который позволяет хранить и передавать промежуточные измерения произведенные приемником, а также проводить постобработку полученных данных различными приложениями различных производителей приемников и программ [6]. После установки программы на компьютер пользователя с доступом к сети Интернет необходимо выбрать файл с навигационными измерениями в формате RINEX и нажать кнопку «Обработать». Через несколько минут после загрузки и обработки файла на сервере СДКМ в окне программы отобразятся уточненные координаты. По окончании процесса обработки результат выводится в поле «Результаты». Если обработка не возможна по какой-либо причине, программа выдаст сообщение об ошибке.

Так же можно воспользоваться сервисом с сайта информационно-аналитического центра ГЛОНАСС [2]. Чтобы получить точные координаты, необходимо выслать по адресу rinx@glonass-iac.ru RINEX-файл двухчастотного навигационного приемника, антенна которого установлена в пункте, координаты которого нужно определить. Результаты обработки навигационных данных будут переданы по указанному адресу электронной почты либо отправителю RINEX-файла.

Воспользовавшись данными с сайта [3], раздел «Апостериорный мониторинг», можно получить значение максимальной ошибки измерения псевдодалностей любого спутника ГЛОНАСС, GPS. Например, на рис. 5 показана зависимость ошибки псевдодалностей от

даты трёх навигационных спутников ГЛОНАСС за период с 16.10.2015 по 16.11.2015, на рис. 6 – зависимость ошибки псевдодальностей трёх навигационных спутников GPS за тот же период.

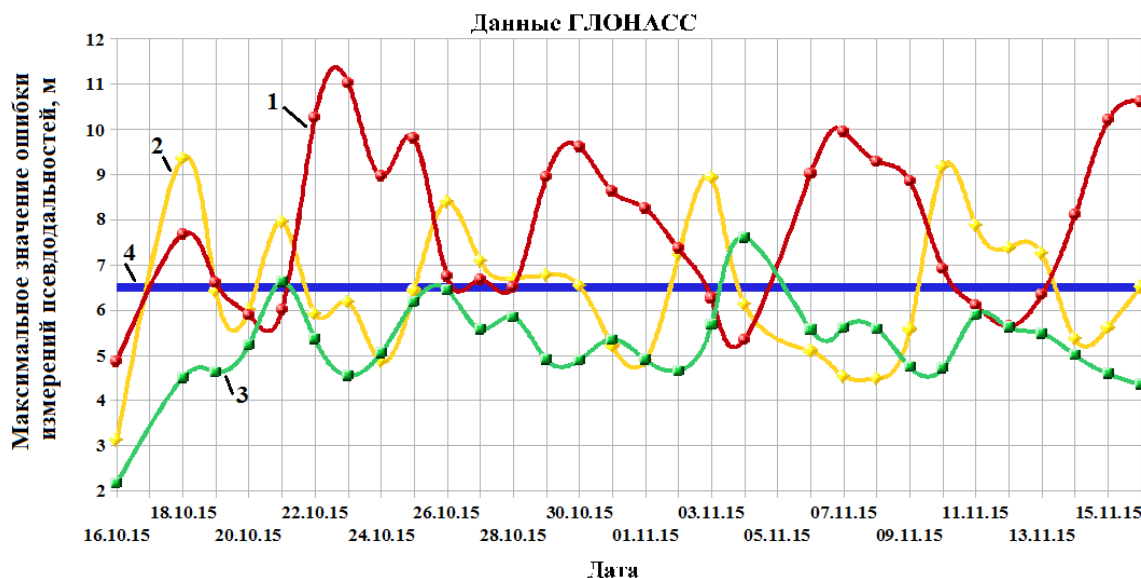


Рис 5. Максимальные значения ошибки измерения псевдодальностей для спутников ГЛОНАСС. 1 – Статистика для спутника №9; 2 – Статистика для спутника №22; 3 – Статистика для спутника №2; 4 – Условное среднее значение ошибки измерений.

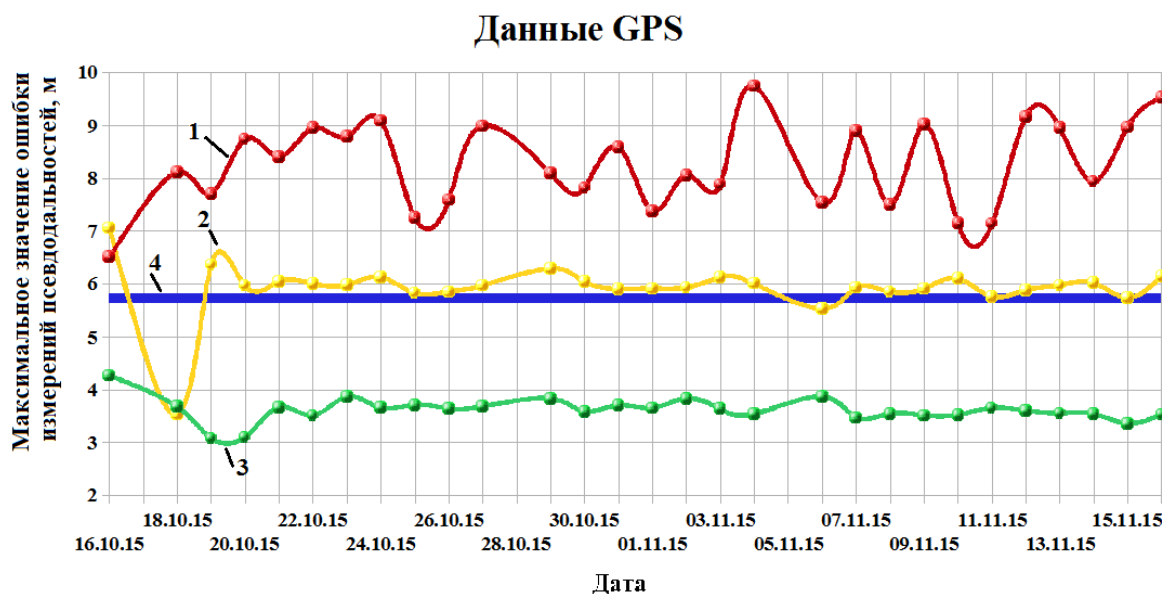


Рис. 6. Максимальные значения ошибки измерения псевдодальностей для спутников GPS. 1 – Статистика для спутника №24; 2 – Статистика для спутника №27; 3 – Статистика для спутника №7; 4 – Условное среднее значение ошибки измерений.

Используя имеющиеся данные, можно вычислить среднее значение ошибки измерения для каждого спутника. Спутники ГЛОНАСС: №9 – 7,4 м, №22 – 6 м, №2 – 5 м. Спутники GPS: №24 – 7,5 м, №27 – 5,4 м, №7 – 3,3 м.

Пользователю СДКМ для обеспечения высокоточного определения координат необходимо иметь приемник, предназначенный для приема и обработки сигналов L1 и L2 СДКМ и доступ к сети Интернет [5].

Таким образом, рассмотрены три способа повышения точности НАП: использование апостериорного мониторинга, оперативного мониторинга и расчет координат посредством программы сайтов [2] и [3].

Как видно из графиков, значения ошибки измерений для каждого спутника не всегда однозначны. На значение ошибки измерений всегда влияет ряд факторов.

Анализируя графики, можно сделать вывод о том, какой спутник будет давать более точную информацию. Это позволит отказаться от использования спутников, дающих наибольшие ошибки измерений, что повлечет повышение точности измерений псевдодальностей.

Список литературы

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
2. Сайт информационно-аналитического центра ГЛОНАСС <http://www.glonass-iac.ru/>.
3. Сайт системы дифференциальной коррекции и мониторинга <http://www.sdcм.ru/>.
4. Системы дифференциальной коррекции мониторинга. Интерфейсный контрольный документ. – Редакция 1 М.; РНИИ КП, 2012.
5. Соловьёв Ю. А. Спутниковая навигация и её приложения. М.: Эко-Трендз, 2003. 326 с.
6. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации. Национальный авиационный университет. К.: Холтех, 2010. – 520 с.

References

1. GLONASS. Principles of construction and operation / A.I. Perov, V.N. Harisov. 4 edition – М.: Radiotecnics, 2010. – 800 pages.
2. <http://www.glonass-iac.ru/>.
3. <http://www.sdcм.ru/>.
4. SDCM. Interaface control document. –2012.
5. Soloviev U. A. Satellite navigation and its applications. М.: Eko-Trenz, 2003. 326 pg.
6. Konin V.V., Harchenko V.P. Satellite radionavigation systems. National aviation university. К.: Holtex, 2010. – 520 pg.