

УДК 528.31

DOI: 10.33764/2618-981X-2019-1-1-28-35

ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕСТНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГНСС-АППАРАТУРЫ

Станислав Олегович Шевчук

Российский институт радионавигации и времени, 192012, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120ЕЦ, кандидат технических наук, руководитель проектного направления, тел. (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

Вадим Николаевич Пономарев

Российский институт радионавигации и времени, 192012, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120ЕЦ, руководитель проектного направления, тел. (965)816-65-50, e-mail: v8166550@yandex.ru

Елена Сергеевна Черемисина

Российский институт радионавигации и времени, 192012, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120ЕЦ, ведущий инженер, тел. (911)255-65-58, e-mail: escheremisina@gmail.com

Сергей Николаевич Иванов

Российский институт радионавигации и времени, 192012, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120ЕЦ, начальник отдела сервисного обслуживания, тел. (921)959-06-39, e-mail: osp@irt.ru

В статье рассматривается опыт применения отечественной местной автоматизированной геодезической сети МАГС, позволяющей решать задачи геотехнического мониторинга получением координат и высот измеряемых пунктов методом RTK и относительным методом в постобработке. Сеть построена с использованием отечественной ГНСС-аппаратуры и программного обеспечения. Приведены результаты испытаний непосредственно на объекте внедрения.

Ключевые слова: ГНСС, ПДБС, RTK, отечественная аппаратура, мониторинг.

EXPERIENCE OF USING PRACTICE OF LOCAL AUTOMATIZED GEODETIC NETWORKS BASED ON DOMESTIC GNSS RECEIVERS

Stanislav O. Shevchuk

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120EC, Prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint-Petersburg, 192012, Russia, Ph. D., Project Manager, phone: (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

Vadim N. Ponomarev

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120EC, Prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint-Petersburg, 192012, Russia, Project Manager, phone: (965)816-65-50, e-mail: v8166550@yandex.ru

Elena S. Cheremisina

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120EC, Prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint-Petersburg, 192012, Russia, Leading Engineer, phone: (911)255-65-58, e-mail: escheremisina@gmail.com

Sergey N. Ivanov

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120EC, Prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint-Petersburg, 192012, Russia, Head of Service Department, phone: (921)959-06-39, e-mail: osp@rirt.ru

In article the local automatized geodetic network (MAGS) that provides RTK and post-processed relative positioning for geotechnical monitoring. The net based on using of GNSS receivers and software which made in Russia. The results of practical tests are showed.

Key words: GNSS, CORS, RTK, domestic production, monitoring.

Введение

Построение локальных автоматизированных сетей ГНСС-приемников применяется при решении широкого круга инженерно-технических задач [1–4].

Системы, основанные на применении ГНСС-сетей, эффективно используются для выполнения геодезических, топографических и других работ входящих в состав инженерно-геодезических изысканий, геодезического обеспечения строительства, реконструкции, эксплуатации и проведения геотехнического мониторинга производственных объектов: инженерно-технических сооружений, магистральных трубопроводов, объектов водоснабжения, линий электропередач, мостовых сооружений и т. п.

Указанные системы на основе ГНСС-аппаратуры и ПО отечественного и зарубежного производства широко внедрены в практику и подробно описаны в [5–10].

Такие системы могут иметь различные варианты реализации, однако, как правило, реализуют относительный метод ГНСС-позиционирования, осуществляемый как в реальном времени Real Time Kinematic (RTK), так и в постобработке.

Такие системы включают в себя сеть постоянно действующих базовых станций (ПДБС), сервер сбора и обработки геодезических данных и пользователей системы с подвижными ГНСС-приемниками. Существуют также полностью автоматизированные системы, подразумевающие замену пользователей набором автоматизированной аппаратуры [9, 10].

В классическом варианте реализации автоматизированных сетей ПДБС, как правило, используется сетевое решение, получаемое на аппаратуре пользователя (технологии FKP, VRS, MAC) [3], реже – на сервере (reverse RTK) [11, 12].

Местная автоматизированная геодезическая сеть (МАГС)

Местная автоматизированная геодезическая сеть (МАГС), разработанная АО «РИРВ», предназначена для получения координат и высот точек земной поверхности и производственных объектов.

Главной особенностью МАГС является применение высокоточной ГНСС-аппаратуры отечественного производства.

Сеть позволяет определять плановое и высотное положение измеряемых пунктов в единой системе координат посредством ГЛОНАСС/GPS измерений мобильным приемником в режиме реального времени (RTK) с высокой точностью и оперативностью в зоне охвата сети. Данные архивируются на сервере и могут быть использованы в дальнейшем для анализа и постобработки ГНСС-измерений.

Система включает в себя сеть постоянно действующих контрольно-корректирующих станций ГЛОНАСС/GPS, измерительные мобильные приемники ГЛОНАСС/GPS, сервер для хранения и обработки геодезических данных со специализированным ПО, автоматизированное рабочее место и средства связи (рис. 1).

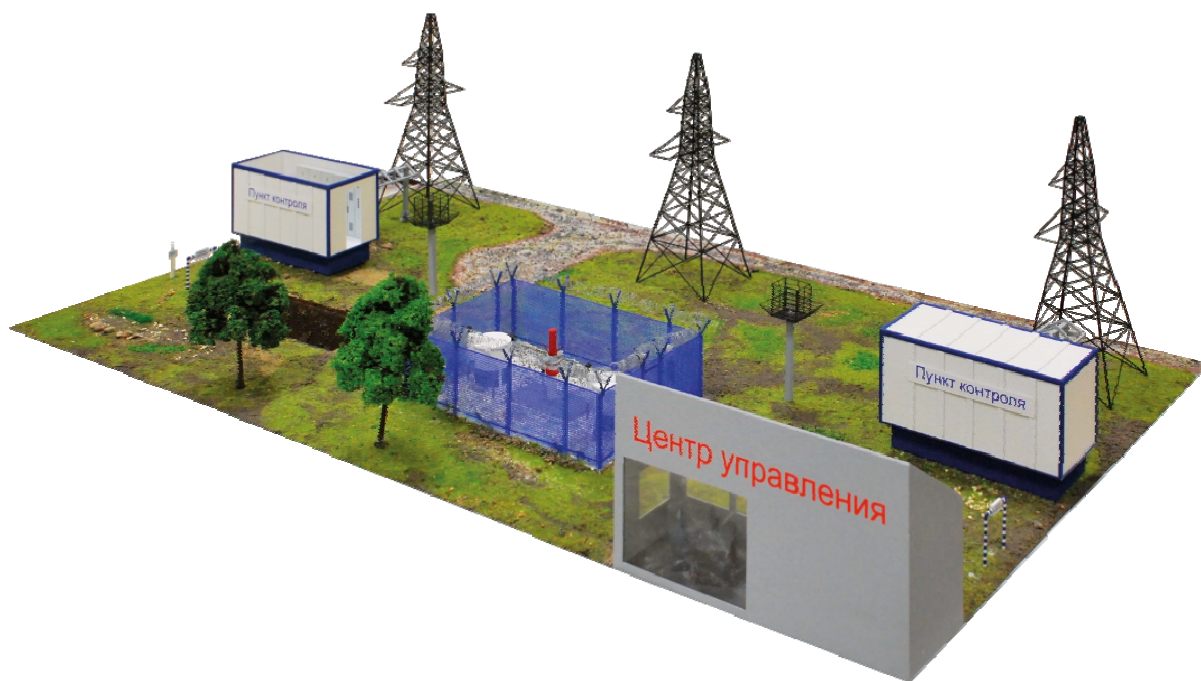


Рис. 1. Местная автоматизированная геодезическая сеть

Функционирование системы выполняется за счет реализации относительного метода ГНСС-позиционирования в режиме реального времени (Real Time Kinematic – RTK) или в постобработке. Принцип функционирования МАГС приведен на рис. 2.

Данные с базовых станций, расположенных вдоль трассы трубопровода поступают на сервер обработки и хранения геодезических данных, откуда могут быть переданы в виде RTK-поправок пользователям на мобильные приемники по беспроводной связи. Кроме того, выполняется архивирование данных для возможной постобработки измерений пользователя в случае необходимости.

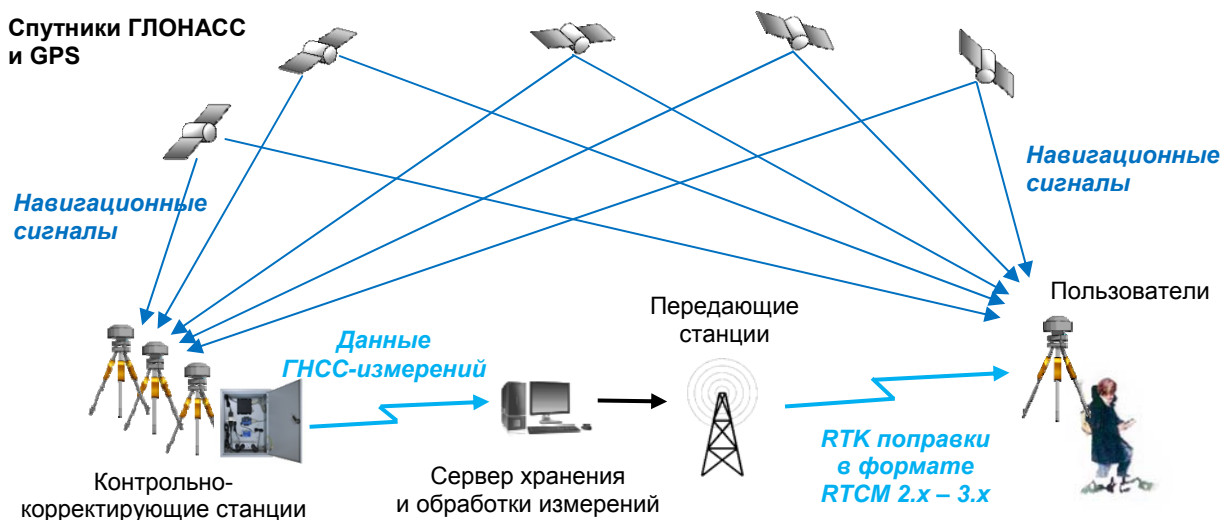


Рис. 2. Принцип функционирования МАГС

МАГС включает в себя следующие программно-аппаратные элементы:

- базовые контрольно-корректирующие станции – ГНСС-аппаратура СБС363-02 (блочная аппаратура, предполагающая размещение антенного блока на открытой территории, а приемного блока – в помещении);
- мобильные приемники – ГНСС-аппаратура «Изыскание» и контроллер с клиентским ПО (аппаратура, выносимая оператором на объект измерений);
- сервер центра обработки и хранения геодезических данных (ЦХОГД) – серверный ПК с установленным ПО BSNNetPlus;
- автоматизированное рабочее место для удаленного доступа к серверу;
- телематические системы, обеспечивающие беспроводную связь сервера с мобильными станциями.

Внешний вид геодезических приемников, применяемых в системе МАГС приведен на рис. 3.



Рис. 3. Аппаратура ГНСС, используемая в МАГС: приемник СБС 363-02 (слева) и «Изыскание» (справа)

Характеристики МАГС

Приемники ГНСС, входящие в состав МАГС, принимают сигналы ГЛОНАСС и GPS на двух частотах, выполняют измерения фазы несущей, и, в комплексе с остальными элементами МАГС, позволяют выполнять съемку в режиме реального времени (RTK), обеспечивая точность не ниже: 10 мм + 1,0 мм/км в плане и 20 мм + 1,0 мм/км по высоте. Указанная точность достигается при удалении мобильного приемника не более, чем на 30 км от контрольно-корректирующей станции и проведении статической инициализации не менее 10 минут.

Таким образом, при развертывании МАГС необходимо распределение базовых станций на расстоянии не более 40 км друг от друга. Кроме того, необходимо развертывание телематической системы для передачи данных с базовых станций на сервер, и с сервера – поправок на мобильные станции. Общие характеристики МАГС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики МАГС

Архитектура приемников контрольно-корректирующих и мобильных станций	36 каналов GPS и ГЛОНАСС L1+L2
Формат корректирующей информации	RTCM-SC104 v. 2.X, 3.1
Точность определения местоположения мобильного приемника в реальном времени: В режиме RTK на расстоянии D от ближайшей контрольно-корректирующей станции не более 10 км, с учетом статической инициализации (не менее 10 минут), мм, не более:	
– в плане	$10 + 1,5 \times 10^{-6} \times D$
– по высоте	$20 + 2 \times 10^{-6} \times D$
В режиме RTK без инициализации, м, не более:	
– в плане	1
– по высоте	2
Точность определения местоположения мобильного приемника при измерениях с постобработкой: В режиме «статика» на расстоянии D от контрольно-корректирующей станции не более 30 км за 60 минут измерений, мм, не более:	
– в плане	$10 + 1 \times 10^{-6} \times D$
– по высоте	$10 + 1,5 \times 10^{-6} \times D$
В режиме «Стой/Иди» на расстоянии D не более 5 км в точке инициализации и на последующих (при отсутствии срывов фазовых измерений), мм, не более:	
по каждой координате	$20 + 2 \times 10^{-6} \times D$
В режиме «Кинематика» с инициализацией, мм, не более:	
по каждой координате	$20 + 2 \times 10^{-6} \times D$
В режиме «Кинематика-на-лесту» при D не более 100 км без инициализации, м, не более:	
– в плане	0,5
– по высоте	1

Окончание табл. 1

Темп регистрации данных, с	от 1 до 60
Встроенное связное оборудование мобильного приемника	GSM 900/1800, возможность подключения УКВ-станции
Время непрерывной работы мобильных станций без подзарядки:	до 8 ч
Энергопотребление, Вт	5
Интерфейсы контрольно-корректирующих станций	USB, RS-232, Ethernet
Интерфейсы мобильных станций	USB, RS-232, Ethernet, Bluetooth, PPS
Диапазон рабочих температур антенного блока контрольно-корректирующих станций, °С	от –40 до +55
Диапазон рабочих температур мобильных станций, °С	от –30 до +50

Внедрение МАГС и проведение тестовых геодезических измерений

В настоящее время МАГС внедрена на предприятия городского водоснабжения и нефтегазовой отрасли, где используется для геотехнического мониторинга.

В ходе внедрения был проведен ряд практических испытаний, проводимых непосредственно на производственных объектах. В табл. 2 показаны результаты экспериментальных измерений.

Таблица 2

Экспериментальные измерения на контрольных точках

Пункт	Расстояние до БС, км	Среднее время сходимости решения, мин:сек	Максимальные отклонения, мм		СКП, мм	
			план	высота	план	высота
T1	5	04:22,2	20	55	3,24	3,46
T2	9	03:49,8	23	45	4,15	4,39
T3	11	03:53,4	52	50	3,53	4,10
T4	15	06:42,0	86	23	5,18	2,38
T5	20	06:03,6	25	44	3,46	4,02

На каждом пункте проводилось от 20 до 100 сеансов измерений. Измерения осложнялись тем, что во многих случаях не имелось возможности расположить базовые станции в условиях открытого радиогоризонта, а часть пунктов располагалась в лесной местности.

Кроме того, имелись ограничения, связанные с используемыми системами трансляции поправок, в результате которых выполнена модернизация аппаратуры, позволившая использовать более компактный формат поправок RTCM 3.1.

Проблемы и перспективы совершенствования МАГС

Аппаратура, применяемая в МАГС, относится к предыдущему поколению геодезических приемников ГНСС, и, несмотря на определенные ограничения, обеспечивает необходимую функциональность.

В настоящее время в АО «РИРВ» совместно с рядом научно-производственных предприятий, ведется разработка аппаратуры нового поколения, при проектировании которой были учтены существующие недостатки и добавлен ряд решений, улучшающих как технические, так и эргономические характеристики аппаратуры.

Выводы

Местная автоматизированная геодезическая сеть (МАГС), в основе которой стоит использование отечественной аппаратуры ГНСС, в настоящее время разработана и успешно внедрена в производство.

Несмотря на скромные по современным меркам технологические характеристики, система обеспечивает заявленные характеристики и позволяет пользователю выполнять высокоточное позиционирование в режиме РТК, обеспечивая выполнение широкого круга инженерных задач – от геотехнического мониторинга до создания планово-высотной основы при проведении инженерно-геодезических изысканий, строительстве и обслуживании инженерных объектов.

Имеющиеся недостатки текущего поколения аппаратуры в перспективе будут исправлены в новом поколении аппаратуры, разрабатываемой АО «РИРВ».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : монография. В 2 т. Т. 2. – М. : Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
2. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : монография. В 2 т. Т. 1. – М. : Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
3. Евстафьев О. В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования / под ред. В. В. Грошева. – М. : ООО «Издательство «Проспект», 2009. – 48 с.
4. Журавлева Е. В. Преимущества использования постоянно действующих базовых станций // Геопрофи. – 2008. – № 4. – С. 43–45.
5. Шевчук С. О., Зюзин Ю. М. Применение измерений геодезической сети АБС НСО и метода PPP при геодезическом обеспечении геолого-геофизических работ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 85–92.
6. Создание сети референсных станций для обеспечения мониторинга объектов транспорта нефти и нефтепродуктов / А. П. Карпик [и др.] // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 151–161.
7. Михеев С. П., Казаков Д. Ю. Развитие опорных геодезических сетей для контроля безопасной эксплуатации подводных переходов магистральных трубопроводов // Наука

и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 4 (16). – С. 57–59.

8. Лисин Ю. В. Создание системы координатно-временного обеспечения магистральных нефтепроводов // Изв. вузов. Машиностроение. – 2013. – № 2. – С. 69–75.

9. Математические модели и техническая реализация ГОСА – онлайн-системы геодезического мониторинга и оповещения о деформациях природных и техногенных объектов, основанной на точных спутниковых (GNSS) и наземных геодезических наблюдениях (LPS/LS) / Р. Ягер, П. Шпон, Т. Шайхутдинов, Т. И. Горохова, А. Ю. Янкуш // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Пленарное заседание : сб. материалов (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 9–32.

10. Jager, R. Modell- und Sensorintegration zum integrierten 3D Geomonitoring in moderner Daten kommunikationsstruktur mit Anwendung auf den Stuttgarter Fernsehturm / R. Jager, L. Gorokhova, E. Messmer // Ingenieurvermessung 17: Beitrage zum 18. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Graz. – 2017. – Wichmann-Verlag. – S. 23–251. – Нем.

11. Rizos, C. (2007) Alternatives to current GPS-RTK services and some implications for CORS infrastructure and operations / C. Rizos, J. von Cranenbronek // GPS Solutions. 2007. – 11(3). – P. 151–158. – Англ.

12. Eyo, E.E. Reverse RTK Data Streaming for Low-Cost Landslide Monitoring / E. E. Eyo, T. A. Musa, Kh. M. Idris, Yu. D. Opaluwa // Geoinformation for Informed Decisions, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. P. 19 – 33. – Англ.

© С. О. Шевчук, В. Н. Пономарев, Е. С. Черемисина, С. Н. Иванов, 2019