

## **ВЫСОКОТОЧНАЯ ГНСС-АППАРАТУРА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### ***Станислав Олегович Шевчук***

АО «Российский институт радионавигации и времени», 192012, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120, лит. ЕЦ, кандидат технических наук, главный научный сотрудник, тел. (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

### ***Константин Вадимович Петров***

АО «Российский институт радионавигации и времени», 192012, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120, лит. ЕЦ, ведущий специалист, тел. (967)342-40-64, e-mail: 111@live.ru

### ***Елена Сергеевна Черемисина***

АО «Российский институт радионавигации и времени», 192012, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, 120, лит. ЕЦ, начальник отдела, тел. (911)255-65-58, e-mail: escheremisina@gmail.com

В статье дан обзор аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем, создаваемой на территории Российской Федерации. Обозначена проблематика определения страны происхождения аппаратуры ГНСС, проанализирован рынок производителей, выпускающих ее в России. Сделаны выводы о малом количестве аппаратуры, собранной на отечественной элементной базе. Анализ характеристик отечественной аппаратуры текущего поколения позволяет сделать вывод о ее отставании от зарубежных аналогов как по техническим, так и по эксплуатационным характеристикам. Рассмотрены и другие проблемы отечественной ГНСС-аппаратуры, такие как высокая цена, низкий уровень конкуренции, малый перечень готовых решений, сосредоточенность на специальном потребителе. Анонсированная высокоточная ГНСС-аппаратура нового поколения в ближайшие годы должна нивелировать данное отставание и вывести рынок отечественных высокоточных спутниковых приемников на принципиально новый уровень. Сделан вывод о том, что есть основания для оптимистичных прогнозов дальнейшего развития отрасли производства высокоточной спутниковой аппаратуры в России.

**Ключевые слова:** ГНСС, ПДБС, РТК, НАП, отечественная аппаратура, геодезия, высокая точность.

## **DOMESTIC HIGH-PRECISE GNSS RECEIVERS**

### ***Stanislav O. Shevchuk***

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120, EC, prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint Petersburg, 192012, Russian Federation, Ph. D., Leading Scientific Worker, phone: (903)936-78-53, e-mail: staspp@211.ru

### ***Konstantin V. Petrov***

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120, EC, prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint Petersburg, 192012, Russian Federation, Leading Specialist, phone: (967)342-40-64, e-mail: 111@live.ru

***Elena S. Cheremisina***

Russian Institute of Radionavigation and Time, 120, EC, prospect Obukhovskoy Oborony St., Saint Petersburg, 192012, Russian Federation, Head of Department, phone: (911)255-65-58, e-mail: escheremisina@gmail.com

In the article an overview of GNSS receivers produced in Russian Federation is given. The problem of determining the manufacturer's country is considered with the analysis of Russian domestic GNSS-receivers market. The main conclusion about small number of domestic manufactured devices with Russian-made technical elemental-base is made. Also the analysis of the technical specifications of the receivers led to the conclusion about the low-level of the domestic receivers performance if compared with foreign ones. Other problems of domestic-made devices are considered including the high prices, low competition, focus on the special consumer and also insufficient number of those devices in the market. The next-generation receiver announced last years must solve or minimize all those problems and bring the domestic GNSS-devices market to the new level of quality. The main conclusion about optimistic trend of Russian high-precise domestic GNSS-receivers market is made.

**Key words:** GNSS, CORS, RTK, receivers, domestic production, geodesy, high-precision measurements.

### ***Введение***

Гражданская аппаратура потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в настоящее время широко представлена на рынке и может быть классифицирована исходя из различных критериев. Наиболее распространенной классификацией навигационной аппаратуры потребителя (НАП) ГНСС является классификация по классу точности, и, как следствие, типу решаемых задач [1–4]:

– навигационные (кодовые) приемники – ГНСС-аппаратура, принцип измерений которой основан на использовании информации, содержащейся в коде, передаваемом спутниками на частоте L1. Точность такой аппаратуры, как правило, находится на уровне от одного до нескольких метров;

– геодезические (фазовые) ГНСС-приемники выполняют измерения посредством анализа фазы несущей спутниковых сигналов на одной, двух и более частотах. В зависимости от метода позиционирования, такая аппаратура позволяет выполнять измерения высокой точности – вплоть до единиц миллиметров.

В данной статье рассматривается геодезическая ГНСС-аппаратура. Несмотря на малый сегмент рынка [5] данные приемники востребованы, и используются для решения широкого спектра инженерных, изыскательных и управленческих задач.

Измерения такой аппаратурой выполняются, как правило, относительным методом в реальном времени (RTK) или в постобработке. Данный метод предполагает наличие базовых станций – ГНСС-приемников с известными координатами, ведущих измерения одновременно с пользователем, и, желательно, находящимися на небольшом (до 50–100 км) расстоянии до пользователя [1, 2, 6].

Также могут использоваться предсказанные или апостериорные точные орбиты спутников и поправки к спутниковым часам (метод Precise Point

Positioning). Точность определения координат методом PPP на данный момент ниже, чем относительным методом [7–9], но метод PPP продолжает активно развиваться.

С целью обеспечения пользователей данными, необходимыми для реализации относительного метода позиционирования, а также расчета данных для PPP, на территории разных стран, включая Россию, разворачиваются сети постоянно действующих базовых станций (ПДБС) [10, 11]. Масштабы таких сетей могут различаться от глобальных и макрорегиональных (IGS, EPN, APREF SIGRASCAN) до региональных (SAPOS, SWEPOS, TUSAGA, PositionZ, сети субъектов РФ) и локальных (создаваемых для отдельных объектов) [6, 10–13].

В настоящее время в России ведется активная поддержка отечественных производителей, которая, в частности, затрагивает и сегмент аппаратуры потребителей ГНСС. Учитывая двойное назначение ГНСС, а также применение спутниковой аппаратуры на режимных объектах (в том числе продуктопроводах, месторождениях, объектах стратегической инфраструктуры), импортозамещение в данной отрасли, несомненно, остается актуальным и важным.

### ***Геодезическая ГНСС-аппаратура отечественного изготовления***

Отечественный рынок предлагает широкий спектр навигационной аппаратуры (в частности, производителей [14–16]), однако количество предприятий, выпускающих ГНСС-аппаратуру геодезического класса точности, невелико.

В таблице 1 приведены российские производители геодезической ГНСС-аппаратуры и их продукция [17–25].

При регистрации средств измерений аппаратура будет считаться отечественной только при соблюдении определенных жестких условий по соотношению отечественной и зарубежной элементной базы (ЭБ) при их производстве [26, 27], поэтому в графе ЭБ (см. табл. 1) условием постановки «+» является доля отечественной ЭБ более 50 %.

Приходится констатировать, что в настоящее время по данным критериям проходит далеко не вся аппаратура, выпускаемая в Российской Федерации. Из наименований, перечисленных в таблице 1, полный цикл производства и отечественную элементную базу и ПО на данный момент имеют всего две организации – АО «РИРВ» и АО «КБ НАВИС» (и, возможно, OEM-поставки от АО «Гео-Стар Навигация»).

### ***ГНСС-аппаратура АО «РИРВ» текущего поколения***

АО «РИРВ» в настоящее время может предложить аппаратуру текущего поколения – СБС-363 и «Изыскание», которая несколько отстает от современных зарубежных аналогов по своим техническим и эксплуатационным характеристикам, таблица 2.

Таблица 1

## Российские компании-производители ГНСС-аппаратуры

Компания-производитель	Наименования изделий (аппаратура/ OEM)	Отечественное производство				Примечания
		Разработка	Сборка	ПО	ЭБ	
«ДЦ ГеоСтар Навигация», АО	GeoS-5 RTK*	+	+	+	н/и	В настоящее время доступны только OEM-поставки
«КБ НАВИС», АО (NVS Technologies, Inc.)	СН-7700*, АМСА-2**, АМСА-3**, ГАП-В**	+	+	+	+	В настоящее время доступны только OEM-поставки (СН-7700). В перспективе – готовые приемники. Отечественная разработка
Руснавгеосеть, ООО	ФА3А+, ФА3А2, S-MAX-Geo	н/и	+	+	-	На элементной базе Trimble (США)
«ПО УОМЗ», АО	МР-8, МР-10, СМР-9, РС-2, МТ-5	н/и	+	н/и	-	На базе UniStrong/Stonex/Hemisphere (ЕС/КНР)
«РИРВ», АО	«Изыскание», СБС-363-02, Геодезия-У**, Геодезия-ВТ**	+	+	+	+	Отечественная разработка и ЭБ, полный цикл производства
«Эффективные технологии», ООО (EFT Group)	EFT M1/M2/M3/M-4 GNSS, EFT S1/RS2/GH1 GNSS	+	+	+	-	На элементной базе Trimble (США), Hi-Target (КНР), NovAtel (Канада)
EMLID	REACH RS2, RS+	+	+	н/и	-	На базе разработок КНР
Orient systems	Sino GNSS T300/T300+/G200, 4GNSS Dekart, OC-102	н/и	+	-	-	На базе разработок КНР (Sino GNSS)

*Примечание:*

«н/и» – нет доступной информации;

\* – OEM-модули;

\*\* – перспективные разработки, название может быть изменено.

Характеристики геодезической ГНСС-аппаратуры АО «РИРВ»  
текущего поколения

Наименования характеристик		«Изыскание»	СБС-363-02
Назначение		ровер	базовая станция
Количество каналов приема		36 каналов	
Принимаемые сигналы		GPS L1, L2 ГЛОНАСС L1,L2	
Тип исполнения		Составной (приемник + антенна)	
Точность (СКП) определения координат и высоты, мм	RTK	в плане: $10 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ по высоте: $20 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D$	
	Статика и быстрая статика с постобработкой	в плане: $10 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ по высоте: $10 + 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$	
	Кинематика с постобработкой	$20 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D$	
	Stop-And-Go	$20 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D$	
Интерфейсы		RS-232C, USB, Bluetooth, PPS	RS-232, USB, Ethernet
Темп выдачи данных		1 Гц	1 Гц
Встроенная память		112Мб	Нет (используется память внешнего ПК)
Рабочая температура, °С		-30...+50	СБС-363-02: +5...+55 Антенна: -40...+55
Масса, кг		«Изыскание»: 1,6 Антенна: 1	СБС-363:1 Антенна: 1
Размеры, мм		«Изыскание»: 208,5×187,5×40,0 Антенна: 186,0×186,0×91,5	СБС-363-02: 186,0×186,0×38,0 Антенна: 186,0×186,0×91,5

Важно отметить, что современная зарубежная аппаратура, как правило, имеет более 100 каналов, может принимать 3–4 ГНСС (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou), более компактна, и зачастую имеет более гибкие эксплуатационные параметры.

Однако, несмотря на несколько устаревшие характеристики (см. табл. 2), отечественная аппаратура текущего поколения по-прежнему подходит для решения широкого круга задач. В частности, на основе данной аппаратуры могут функционировать локальные геодезические сети [11–13, 28], пользователями которых могут являться:

- ресурсодобывающие предприятия;
- предприятия жилищно-коммунального хозяйства;
- кадастровые палаты и инвентаризационные бюро;
- аварийно-спасательные службы (МЧС);
- строительные и дорожные организации;
- предприятия транспортного комплекса.

## *Отечественные OEM-модули текущего поколения*

В табл. 3 приведены характеристики СН-7700 (АО «КБ НАВИС») и GeoS-5 RTK (АО «ДЦ ГеоСтар Навигация») [19, 29, 30].

*Таблица 3*

Характеристики СН-7700 и GeoS-5 RTK

Наименования характеристик		GeoS-5 RTK	СН-7700
Назначение		ровер	ровер + базовая станция
Количество каналов приема		44	432
Принимаемые сигналы		GPS L1 C/A ГЛОНАСС L1 СТ	ГЛОНАСС L1, L2, L3OC GPS L1, L2, L5 Galileo E1, E5, E5A, E5B BeiDou B1, B2 SBAS L1, L5
Тип исполнения		ОЕМ	ОЕМ
Точность (СКП) определения координат и высоты	Автономный	в плане: 1,5 м по высоте: 4 м	1,2 м
	DGNSS/SBAS	нет данных	0,6 м / 0,8 м
	Статика и быстрая статика с постобработкой	нет данных	5 мм + $1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм
	RTK	в плане: 15 мм по высоте: 20 мм	10 мм + $1 \cdot 10^{-6} \cdot D$ мм
Темп выдачи данных, Гц		1, 2, 5	1..50
Масса, г		1,5	80
Рабочая температура, °С		-40...+85	-40...+70
Размеры, мм		22,1 × 15,9 × 2,8	100,0 × 60,0 × 8,0

На основе СН-7700 и подобных, не анонсированных на данный момент OEM-плат, предполагается выпуск аппаратуры нового поколения [19]. По характеристикам они не будут уступать зарубежным аналогам.

### *Проблемы отечественной ГНСС-аппаратуры текущего поколения*

К сожалению, приходится констатировать серьезные проблемы отечественной спутниковой аппаратуры текущего поколения:

– аппаратура полностью отечественного производства имеет устаревшие технические характеристики в сравнении с зарубежными аналогами (и с отечественной аппаратурой, собираемой из зарубежных комплектующих);

– OEM имеют более продвинутые характеристики, однако их соответствие критериям [26, 27] объективно может быть под вопросом;

– даже с учетом OEM-модулей, рынок отечественной ГНСС-аппаратуры весьма узок;

– в силу высокой стоимости отечественных комплектующих и малых серий выпускаемой аппаратуры, ее цена также достаточно высока при демонстрируемых характеристиках, что сужает круг потребителей, ограничивая его предприятиями, заинтересованными или вынужденными пользоваться отечественными средствами измерений.

Таким образом очевидно, что ГНСС-аппаратура, собранная на отечественной элементной базе, может лишь весьма ограниченно конкурировать с зарубежными аналогами, представленными на рынке.

### ***Перспективные отечественные разработки высокоточной ГНСС-аппаратуры***

В настоящее время на отечественном рынке высокоточной спутниковой аппаратуры намечается новое поколение ГНСС-приемников, производителями которых является АО «КБ НАВИС» (АМСА-2, ГАП-В) [19, 25].

АО «РИРВ» [31] также завершило опытно-конструкторскую разработку новой высокоточной ГНСС-аппаратуры (рабочие названия Геодезия-У и Геодезия-ВТ), анонс которой состоится в ближайшее время.

Характеристики аппаратуры нового поколения будут находиться на уровне современных зарубежных приемников. В частности, количество каналов превысит 400, будут приниматься сигналы всех функционирующих ГНСС, а эксплуатационные параметры будут соответствовать современным тенденциям.

В настоящий момент невозможно оценить ценовой сегмент, в котором окажутся новые приемники, однако наличие на рынке аппаратуры, разработанной и собранной на территории Российской Федерации из отечественных комплектующих, открывает новые горизонты для дальнейшего развития промышленности в стране. Наличие конкуренции (пусть, на данный момент, ограниченной двумя компаниями) также должно пойти на пользу как с точки зрения качества, так и цены выпускаемой аппаратуры.

### ***Выводы***

Гражданская аппаратура пользователей ГНСС, созданная на отечественной элементной базе, весьма актуальна в современных экономических и политических реалиях.

Есть все основания для оптимистичных прогнозов дальнейшего развития отрасли производства высокоточной спутниковой аппаратуры в России. В ближайшие 1–2 года станет известно, насколько отечественные разработки в данной области будут соответствовать аналогам, собранным из зарубежных комплектующих и/или зарубежными компаниями-производителями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прихода, А.Г. GPS – технология геодезического обеспечения геологоразведочных работ. [Текст] / А.Г. Прихода, А.П. Лапко, Г.И. Мальцев, И.А. Бунцев – Методические рекомендации // Науч. Ред. А.Г. Прихода, – Новосибирск, СНИИГГиМС, 2008, - 274 с.
2. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст] В 2 т. Т.-1. Монография/ К.М. Антонович; - М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
3. Hofmann-Wellenhof, B. GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more [Текст] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Wien, New-York: Springer. – 2008. – 516 p. – Англ.
4. Генике, А.А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. [Текст] / А.А. Генике, Г.Г. Побединский // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Картгеоцентр, 2004. - 355 с.: ил.
5. GNSS Market report / GSA Europe [Electronic resource] Режим доступа: [https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss\\_mr\\_2017.pdf](https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/gnss_mr_2017.pdf) – Англ.
6. Евстафьев, О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования [Текст] / Под ред. В.В. Грошева. — М.: ООО «Издательство «Проспект», 2009. — 48 с.
7. Bisnath, S. Precise Point Positioning – A Powerful Technique with a Promising Future [Text] / S.Bisnath, Y.Gao – Англ. – GPS World. – 2009. – No. 4. – P. 43-50. – Англ.
8. Антонович, К.М. Совершенствование методики точного дифференциального позиционирования по результатам ГНСС-измерений (PPP) [Текст] / К. М. Антонович, Л. А. Липатников // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 44-47.
9. Chesagne, O. One centimeter accuracy with PPP [Text] // Inside GNSS – 2012. – No 2. – P. 49-54.
10. Журавлева, Е.В. Преимущества использования постоянно действующих базовых станций [Текст] Геопрофи. – 2008. – № 4. – С. 43–45.
11. Карпик, А. П. Создание сети референчных станций для обеспечения мониторинга объектов транспорта нефти и нефтепродуктов [Текст] / А. П. Карпик [и др.] // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014 : X Междунар. науч. конгр., 8-18 апр. 2014 г., Новосибирск; Пленарное заседание: сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 151–161.
12. Михеев, С. П. Развитие опорных геодезических сетей для контроля безопасной эксплуатации подводных переходов магистральных трубопроводов [Текст] / С. П. Михеев, Д. Ю. Казаков // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов // М.: 2014 № 4 (16). С. 57–59.
13. Лисин, Ю. В. Создание системы координатно-временного обеспечения магистральных нефтепроводов [Текст] // Известия ВУЗов - Машиностроение. – 2013. – № 2. – С. 69–75.
14. Приемники / НИИМА ПРОГРЕСС [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mri-progress.ru/products/navigatsiya/priemniki/>
15. ТРАНЗАС [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.transas.ru/products/navigation>
16. Продукция / Ижевский радиозавод [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.irz.ru/products/12/index.html>
17. Сохранов, А. С. Фаза 2 – новый российский бюджетный базовый многосистемный ГНСС-приемник [Текст] // Геопрофи. – 2018. – №5. – С. 16-18.
18. Сохранов, А. С. Презентация и полевые испытания нового ГНСС-приемника S-MAX Geo [Текст] // Геопрофи. – 2017. – №3. – С. 26-28.
19. Лисовой, И. Модуль СН 7700 как основа для создания отечественных решений в области высокоточной навигации [Текст] Вестник ГЛОНАСС. – 2018.- №7. – С. 14-21.
20. Модули высокой точности / ДЦ ГеоСтар Навигация [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://geostar-navi.com/ru/rtk-modules-ru/geos5rtk-ru/>

21. Спутниковые геодезические gps и gnss приемники trimble / EFT Group [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.eft-gnss.ru/catalog/recievers/>
22. Мультисистемные спутниковые приемники / Orient systems [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://orsyst.ru/recievers>
23. Руснавгеосеть [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rusnavgeo.ru/>
24. Аппаратура спутниковая / АО "ПО УОМЗ" [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://uomz.ru/production/geodeziya/apparatura-sputnikovaya>
25. Геодезическое оборудование - Каталог / АО "КБ НАВИС" [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://navis.ru/ru/katalog/grazhdanskoe-naznachenie/geodezicheskoe-oborudovanie>
26. "Соглашение о Правилах определения страны происхождения товаров в Содружестве Независимых Государств" (Заключено в г. Ялте 20.11.2009) (ред. от 31.05.2019) / Консультант + [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95897/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95897/)
27. Приказ Торгово-Промышленной Палаты РФ от 30.05.2018 г. № 52 «Об утверждении положения о порядке выдачи документов для целей подтверждения производства промышленной продукции на территории РФ»
28. Шевчук, С. О. Опыт практического применения местной автоматизированной геодезической сети на базе отечественной ГНСС-аппаратуры [Текст] С. О. Шевчук, В. Н. Пономарев, Е. С. Черемисина, С. Н. Иванов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 1. – С. 28–35.
29. GeoS-5 М / ДЦ ГеоСтар Навигация [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://geostar-navi.com/files/docs/geos5/GeoS-5%20RTK\\_DataSheet\\_Rev1.1\\_RUS.pdf](http://geostar-navi.com/files/docs/geos5/GeoS-5%20RTK_DataSheet_Rev1.1_RUS.pdf)
30. СН-7700 / АО "КБ НАВИС" [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://navis.ru/ru/katalog/grazhdanskoe-naznachenie/geodezicheskoe-oborudovanie/sn-77001>
31. АО «РИРВ» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rirt.ru>

© С. О. Шевчук, К. В. Петров, Е. С. Черемисина, 2020