

УДК 527.6

А. В. Власов, А. В. Кайченков, А. Ю. Висков, Ю. И. Юдин

## Исследование точностных характеристик модуля спутниковой навигационной системы OEM615 в различных режимах работы

A.V. Vlasov, A. V. Kaychenov, A. Yu. Viskov, Yu. I. Yudin

### Study of the satellite navigation system OEM615's accuracy characteristics in various modes

**Аннотация.** Приводятся результаты работы с модулем спутниковой навигационной системы NovAtel OEM615. Анализируется влияние внешних факторов и выбранного режима работы на точностные характеристики. Оценивается возможность применения OEM615 для определения пространственного положения физической имитационной модели судна.

**Abstract.** The results of experiments on satellite navigation system module NovAtel OEM615 have been presented. The influence of external factors and the selected mode on the precision characteristics have been analyzed. The possibility of using OEM615 for the purpose of vessel's physical simulation model's spatial position determination has been evaluated.

**Ключевые слова:** спутниковая навигационная система, дифференциальные поправки.

**Key words:** satellite navigation system, GPS, differential corrections, OEM615.

#### Введение

Научный коллектив Морского института МГТУ в течение нескольких лет выполняет исследования с целью разработки инновационного способа управления судном на перекрестии [1]. В 2015 г. было принято решение о создании физической имитационной модели судна (ФИМС), позволяющей апробировать разработанные подходы к управлению судном. Определение пространственного положения ФИМС на плоскости является одной из задач, которую необходимо решить для обеспечения функционирования указанной модели. Для достижения поставленной цели исследования планируется использовать два приемника спутниковой навигационной системы (СНС), по одному на носу и корме ФИМС [2].

#### Материалы и методы

На точность определения координат в системе СНС оказывают влияние ошибки селективного доступа GPS (global positioning system), ионосферные задержки, тропосферные задержки, эфемеридные ошибки, ошибки часов спутников и многопутевое распространение сигнала [3]. Поэтому была поставлена задача исследования характеристик имеющихся на кафедре судовождения МГТУ приемников СНС GR110.

Приемники GR110 отечественного производства построены на базе модулей СНС NovAtel OEM615. Паспортные характеристики точности определения навигационных параметров приведены в таблице [4]. Для построения системы управления ФИМС существенными являются величины случайных отклонений координат от средних значений. Если они невелики, то возможно повышение точности позиционирования за счет цифровой фильтрации и применения акселерометров.

Таблица

Точность определения положения на плоскости (среднеквадратичное отклонение)

Параметр	Значение, м
Без использования дифференциальных поправок	1,2
С использованием дифференциальных поправок DGPS	0,4
С использованием дифференциальных поправок DGPS-RTK (RT-20)	0,2
С использованием дифференциальных поправок DGPS-RTK (RT-2)	0,01 + 0,001/км

Для формирования изображения трека на плоскости использовалась программа NovAtel Connect (рис. 1), обладающая широким спектром функций для работы с GPS-приемниками производства NovAtel: построение созвездия спутников, трека на плоскости, характеристик принимаемых сигналов и т. п.

С целью оценки динамики изменения координат по широте и долготе, а также с учетом необходимости апробирования программных модулей в ходе разработки программного комплекса для работы с ФИМС, была написана программа, осуществляющая подключение к GPS-приемнику через виртуальный COM-порт

(физическое подключение осуществлялось через интерфейс USB). Разработанная программа осуществляет ведение архивов принятых от GPS-приемника сообщений, выводит временные зависимости по широте и долготе на график, реализует программный мост для передачи дифференциальных поправок между GPS-приемниками.



Рис. 1. Основное окно программы NovAtel Connect

### Результаты и обсуждение

Была проведена серия опытов по исследованию предельных значений мгновенных отклонений координат для неподвижного приемника. Антенна размещалась в пределах внешнего контура помещения лаборатории, фактическое поле ее обзора составляло  $\frac{1}{4}$  от доступного в открытом пространстве. Результаты эксперимента приведены на рис. 2. Из данных опыта видно, что здание экранировало сигналы от спутников с южного направления. Это сказалось на качестве позиционирования по широте. Отмечается высокий уровень случайных отклонений, не наблюдается колебаний координат относительно некоторой средней величины, вероятной причиной являются ошибки селективного доступа. Примерный размах определения координат по широте составляет 15 м, по долготе 6 м.

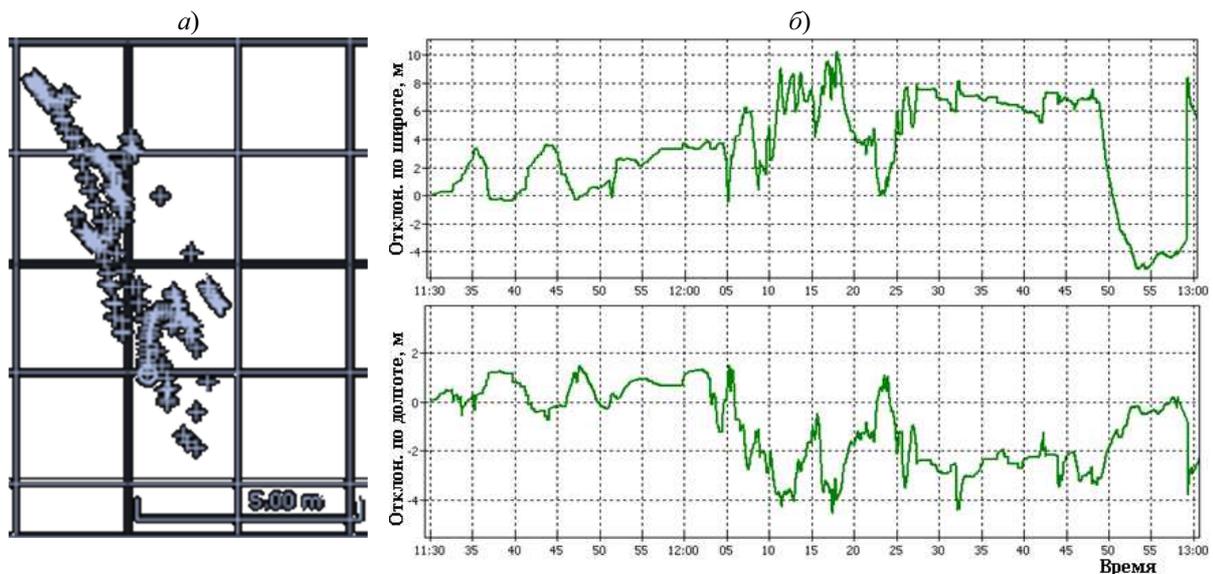


Рис. 2. Трек на плоскости (а) и временные зависимости отклонений координат по широте и долготе (б) (автономный режим, антенна в помещении)

Далее был проведен опыт с увеличенным на 2 м расстоянием от внешнего контура помещения до антенны (рис. 3). Поле обзора антенны увеличилось до 60 % небесной полусферы. Это привело к тому, что размах определения координат по широте и долготе уменьшился до 5 м (в 2-3 раза). При этом результаты определения координат в течение первых 50 минут эксперимента близки к требованиям по точности.

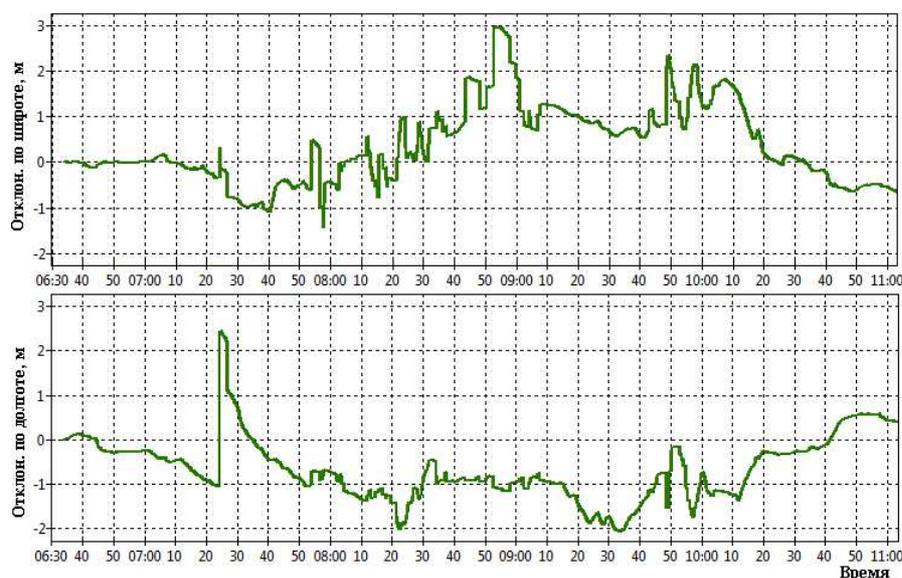


Рис. 3. Временные зависимости отклонений координат по широте и долготе (автономный режим, вынесенная антенна)

В 7:24 UTC (coordinated universal time) антенна была незначительно перемещена, что вызвало ее продолжительные затухающие колебания, которые привели к скачкообразному изменению координаты по долготе. Таким образом, антенна должна размещаться на монолитном основании, исключающем возможность колебаний при перемещении ФИМС. Примерно с 7:50 UTC рассвело, с этого момента на графиках наблюдается повышенный уровень шума, вызванного влиянием ионосферных задержек на точность позиционирования.

Эксперименты с автономным приемником показали, что использование СНС в физической модели реально только в условиях открытого пространства, обеспечивающих антенне хорошую обзорность. При этом результаты работы в автономном режиме для принятия решений по управлению ФИМС непригодны, необходимо использование DGPS для повышения точности определения координат носа и кормы.

Согласно документации, модуль OEM615 может функционировать в системе DGPS как мобильная платформа (Rover) или как базовая станция (Base) с поддержкой режима RTK. Однако результаты натурных испытаний с двумя имеющимися в распоряжении модулями показали, что они не поддерживают работу в режиме DGPS-RTK. Один из двух полученных для проведения экспериментов модулей также не воспринимает команды настройки на выдачу коррекций, т. е. не может выступать в качестве базы. Второй модуль, с теми же паспортными характеристиками, воспринимает команду GenerateDiffCorrections и может служить в качестве базы в режиме обычного DGPS без поддержки RTK.

При помощи разработанного в рамках настоящей работы программного обеспечения был сформирован программный мост для обмена дифференциальными поправками между модулями. Условия проведения эксперимента были те же, что и в первом опыте, антенны Base и Rover размещались в пределах внешнего контура помещения лаборатории. В результате применения DGPS наблюдалось существенное сокращение влияния возмущений на позиционирование по широте (рис. 4, а).

На рис. 4, б показаны временные зависимости отклонений по широте и долготе, приведенные к метрам на плоскости, для опыта с системой DGPS внутри здания. Из рисунка видно, что примерный размах определения координат сократился в четыре раза и составил по широте 2 м, а по долготе 1,5 м.

Данная картина не отражает потенциала системы DGPS, так как не было проведено уточнение координат базовой станции, при этом значительная часть сигналов от спутников к базовой станции и мобильной платформе экранировалась зданием. Базовая станция должна размещаться в точке с хорошим обзором небесной полусферы (желательно на крыше одного из самых высоких зданий в районе перемещения ФИМС). Также для базовой станции должно быть проведено уточнение координат ее размещения при помощи встроенной функции усреднения положения.

Проделанная работа позволяет сделать вывод, что на базе приемников GR110 возможно построение системы определения положения ФИМС при выполнении следующих условий: система должна работать

в режиме DGPS; базовая станция размещается в точке с хорошим обзором небесной полусферы; ФИМС используется под открытым небом.

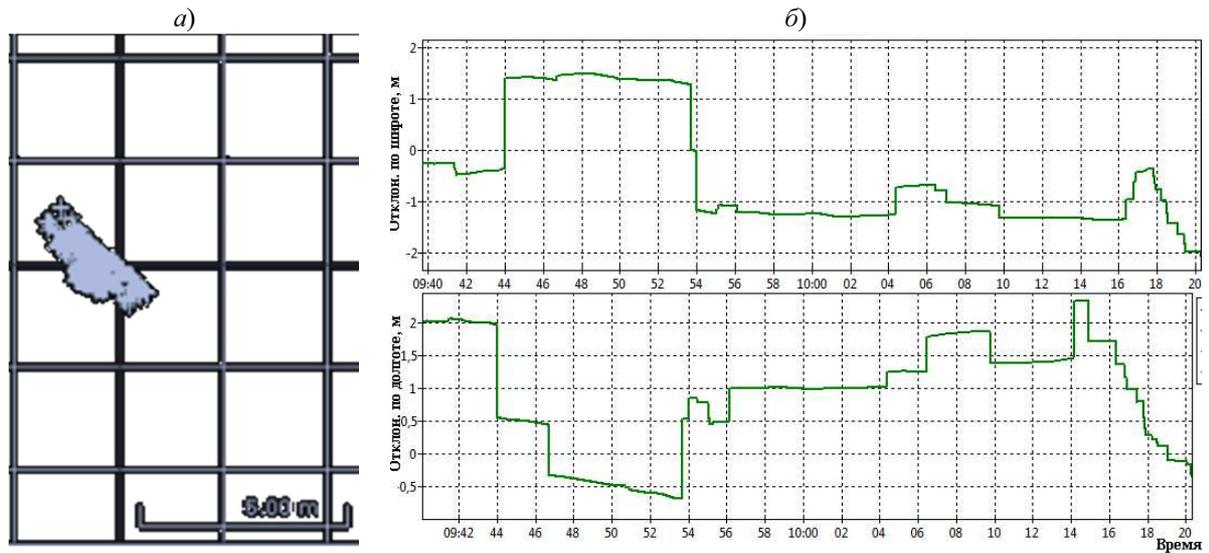


Рис. 4. Трек на плоскости (а) и временные зависимости отклонений координат для Rover по широте и долготе (б) (режим DGPS, антенны в помещении)

Для проведения дальнейших исследований была разработана базовая станция, состоящая из приемника GR110, работающего в режиме передачи дифференциальных поправок, радиомодема Геолинк Невод и блока питания (рис. 5).



Рис. 5. Базовая станция

### Заключение

В настоящей статье были проведены исследования точностных характеристик модулей СНС OEM615 производства NovAtel. По результатам натурных экспериментов установлено, что показания OEM615 могут использоваться для получения координат с целью реализации управления малогабаритным объектом в случае, если используется режим DGPS, возможные колебания принимающих антенн сведены к минимуму, антенны приемников СНС имеют хороший обзор небесной полусферы. Таким образом, модули СНС OEM615 признаны удовлетворительными для использования в целях реализации физической имитационной модели судна.

Работы в направлении повышения точности определения координат для данной системы будут связаны с фиксированием уточненных координат базовой станции, использованием показаний акселерометров для коррекции сигнала по положению ФИМС, а также цифровой фильтрации показаний GPS-приемников носа и кормы (например, скользящего среднего и фильтра Изермана). Наличие информации об ускорениях позволит ограничить выбросы по мгновенным значениям координат, а корректное применение цифровых фильтров обеспечит снижение уровня шумов при определении положения.

### Библиографический список

1. Петров С. О., Холичев С. Н., Юдин Ю. И. Моделирование движения танкера на нефтяном терминале в открытом море при управлении на перекрестии // Вестник МГТУ : труды Мурман. гос. техн. ун-та. Мурманск, 2015. Т. 18, № 1. С. 25–32.
2. Хрусталева Д. GPS – взгляд изнутри. Спутниковая навигация и принципы построения приемников GPS и ГЛОНАСС // Компоненты и технологии. 2001. № 6.
3. Стандарты, рекомендуемые RTCM для функционирования GNSS (глобальной навигационной спутниковой системы) в дифференциальном режиме. Введ. 1996-03-01. Специальный комитет RTCM № 104, 1996.
4. Приемник геодезический фазовый GR110 : технич. описание и рук. по эксплуатации / НПК Индустриальные геодезические системы, 2014.

### References

1. Petrov S. O., Holichev S. N., Yudin Yu. I. Modelirovanie dvizheniya tankera na neftyanom terminale v otkrytom more pri upravlenii na perekrestii [Modeling of tanker movement at the oil terminal in the high seas at crosshair management] // Vestnik MGTU : trudy Murman. gos. tehn. un-ta. Murmansk, 2015. T. 18, N 1. P. 25–32.
2. Hrustalev D. GPS – vzglyad iznutri. Sputnikovaya navigatsiya i printsipy postroeniya priemnikov GPS i GLONASS [GPS – view from the inside. Satellite navigation and principles of GPS and GLONASS receivers] // Komponenty i tehnologii. 2001. N 6.
3. Standarty, rekomenduemye RTCM dlya funktsionirovaniya GNSS (globalnoy navigatsionnoy sputnikovoy sistemy) v differentsialnom rezhime [Recommended standards for the functioning of RTCM GNSS (Global Navigation Satellite System) in differential mode]. Vved. 1996-03-01. Spetsialnyiy komitet RTCM N 104, 1996.
4. Priemnik geodezicheskiy fazovyy GR110 : tehnic. opisaniye i rukov. po ekspluatatsii [Geodetic phase receiver GR110: Technical manual] / NPK Industrialnyie geodezicheskie sistemyi, 2014.

### Сведения об авторах

**Власов Александр Валентинович** – ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Морской институт, кафедра автоматики и вычислительной техники, канд. техн. наук; e-mail: vlasovav@mstu.edu.ru

**Vlasov A. V.** – FSEI HPE "Murmansk State Technical University", Marine Institute, Department of Automatic and Computer Engineering, Cand. of Tech. Sci.; e-mail: vlasovav@mstu.edu.ru

**Кайченев Александр Вячеславович** – ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Морской институт, кафедра автоматики и вычислительной техники, канд. техн. наук; e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru

**Kaychenov A. V.** – FSEI HPE "Murmansk State Technical University", Marine Institute, Department of Automatic and Computer Engineering, Cand. of Tech. Sci.; e-mail: kaychenovav@mstu.edu.ru

**Висков Андрей Юрьевич** – ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Институт дистанционного обучения, канд. техн. наук, доцент; e-mail: viskovayu@mstu.edu.ru

**Viskov A. Yu.** – FSEI HPE "Murmansk State Technical University", Institute of Distance Learning, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: viskovayu@mstu.edu.ru

**Юдин Юрий Иванович** – ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", Морской институт, д-р техн. наук, профессор; e-mail: yudinyui@mstu.edu.ru

**Yudin Yu. I.** – FSEI HPE "Murmansk State Technical University", Marine Institute, Dr of Tech. Sci., Professor; e-mail: udinui@rambler.ru