

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАТОРА СИГНАЛОВ СН-3803М ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

Андросов О.Д., Курицына О.Н.

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, Иркутск, e-mail: Olegushka27@yandex.ru

В статье показаны результаты исследования точности приемника ГЕОС-1М при работе по спутниковой системе навигации (ССН) ГЛОНАСС. Проведен ряд экспериментов: натурный и полунатурный. В натурном эксперименте были получены данные со спутников системы ГЛОНАСС с помощью антенны и спутникового приемника ГЕОС-1М. На эту же дату и время, был проведен полунатурный эксперимент, в котором были соблюдены все условия навигационного сеанса влияние среды распространения и затеняющих объектов, с помощью имитатора СН-3803М и приемником ГЕОС-1М. По полученным данным были построены графики геометрического фактора (ГФ) (HDOP – горизонтальный ГФ, VDOP – вертикальный ГФ) и ошибки измерений (широты, долготы и высоты) для проведения анализа и дальнейшего сравнения результатов двух экспериментов.

Ключевые слова: ССН ГЛОНАСС, натурный эксперимент, полунатурный эксперимент, имитатор СН-3803М, приемник ГЕОС-1М, геометрический фактор (ГФ), ошибка измерений, навигационная точность

APPLICATION OF SIGNAL SIMULATOR SN-3803M FOR TESTING THE RECEIVERS OF SATELLITE NAVIGATION

Androsov O.D., Kuritsyna O.N.

*Irkutsk branch Moscow State Technical University Civil Aviation, Irkutsk,
e-mail: Olegushka27@yandex.ru*

The article shows the GEOS-1M receiver accuracy research result which works on based the GLONASS satellite navigation system (SSN). The natural and semi natural experiments was made in work. In natural experiments the data was received from satellites system GLONASS with help antenna and GEOS-1M satellite receiver. Semi natural experiment was conducted with help of the simulator SN-3803M and the receiver GEOS-1M in which was compliance all conditions of the navigation session, effects of propagation environment and blockage objects, on the same date and time of natural experiment. The graphs of geometric factor (GF) (HDOP – horizontal GF, VDOP – vertical GF) and measurement errors (latitude, longitude and altitude) were constructed for analysis and next comparison of two experiments.

Keywords: SSN GLONASS, natural experiment, semi natural experiment, signal simulator SN-3803M, receiver GEOS-1M, geometric factor, measurement error, navigational accuracy

Российская ССН второго поколения ГЛОНАСС продемонстрировала высокие точностные характеристики определения координат, скорости и времени воздушных, космических, морских и наземных подвижных средств. В настоящее время

она находится в начале широкого практического освоения [1]. Почти во всех странах технологии ССН применяются во многих областях жизни: в геодезии, сотовой связи, авиации, автотранспорте и т.д. (рис. 1).

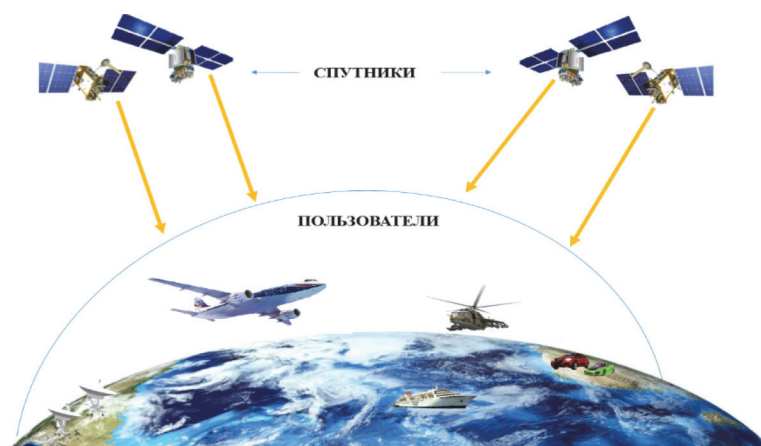


Рис. 1. Применение ССН

Однако ССН присущ ряд существенных недостатков (низкая помехоустойчивость, влияние геометрического фактора, нарушение целостности, сбои в работе бортовых приемников, ухудшение точности при ионосферных возмущениях, высоком уровне солнечной активности и т.д.), что снижает эффективность их применения ввиду возможного значительного ухудшения характеристик, прежде всего точности определения координат [2]. Поэтому для достижения наибольшей навигационной точности – вопрос остается таким же актуальным на сегодняшний день и представляет практический интерес исследования точности наземной аппаратуры потребителя.

Для проведения исследований был проведен ряд экспериментов с помощью программно-аппаратного комплекса. В состав программно-аппаратного комплекса входит следующее оборудование: антенна, приемник ГЕОС-1М, имитатор 3803М и ЭВМ

Приемник сигналов ССН ГЕОС – 1М (рис. 2, 3; блок 2) – предназначен для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени в автономном режиме формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием по последовательным портам RS232 и USB [3].

Имитатор СН-3803М (рис. 3, блок 1) позволяет имитировать сигналы ССН ГЛОНАСС, GPS, обеих систем совместно, а также имитировать различные сценарии (тип объекта, траектории движения, воздействие ионосферных и тропосферных погрешностей, изменение уровней сигналов спутников и пр.) [4].

Блок 3 (рис. 2, 3) состоит из модулей обработки данных и измерения ошибки, что позволяет записать и провести обработку полученных результатов эксперимента. Программные модули обработки данных разработаны в среде графического программирования LabVIEW и Excel.

Проведен натурный эксперимент, на дату 13.03.2018 г., где антенна имеет геодезическую привязку и расположена в точке с координатами $B=52^{\circ}15'25,8''$, $L=104^{\circ}21'22,1''$, $H=503,18$ м (г. Иркутск). На интервале времени в течение 1 часа (с 5:34 до 6:34 UTC). Приемник Геос-1м выдавал координаты с дискретностью в 1 с. Структурная схема представлена на рис. 2.

С помощью имитатора СН-3803М были воспроизведены навигационные условия на дату и время натурального эксперимента с учетом влияния среды распространения, ионосферы и тропосферы. Структурная схема представлена на рис. 3.



Рис. 2. Структурная схема программно-аппаратного комплекса для натурального эксперимента



Рис. 3. Структурная схема программно-аппаратного комплекса для полунатурного эксперимента

Сигналы от навигационных спутников при натурном эксперименте были затенены высотными объектами (многоэтажный дом). Поэтому для соблюдения условия навигационного сеанса при проведении полунатурного эксперимента были исключены из решения навигационной задачи спутники ГЛОНАСС под номером 3 и 19.

По результатам экспериментов проводился анализ обработанных данных. На рис. 4 представлены графики горизонтального (HDOP), а на рис. 5 вертикального (VDOP) геометрического фактора по выходным данным из приемника ГЕОС-1М.

что привело к захвату или поиску сигналов от спутников №3 и 19.

Для исследования точности измерения координат при полунатурном и натурном экспериментах необходимо найти математическое ожидание (m_B , m_L , m_H) по формуле (1):

$$m_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где x_i – измеренные для i -го момента времени значения долготы (L), широты (B) и высоты (H); n – количество измерений.

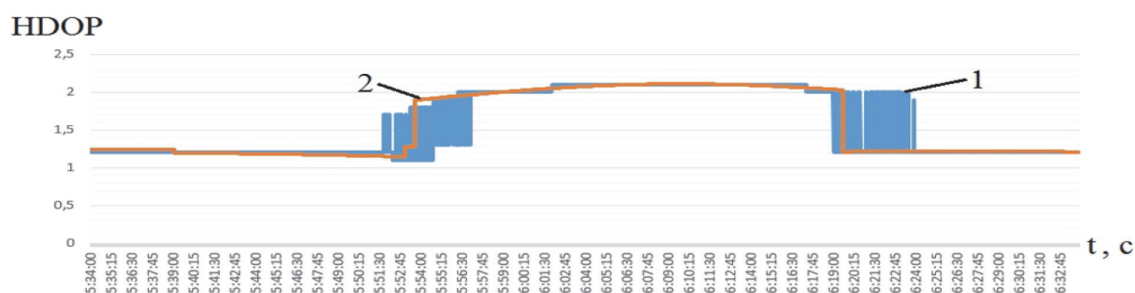


Рис. 4. Геометрический фактор (HDOP):
1 – для натурного эксперимента; 2 – для полунатурного эксперимента

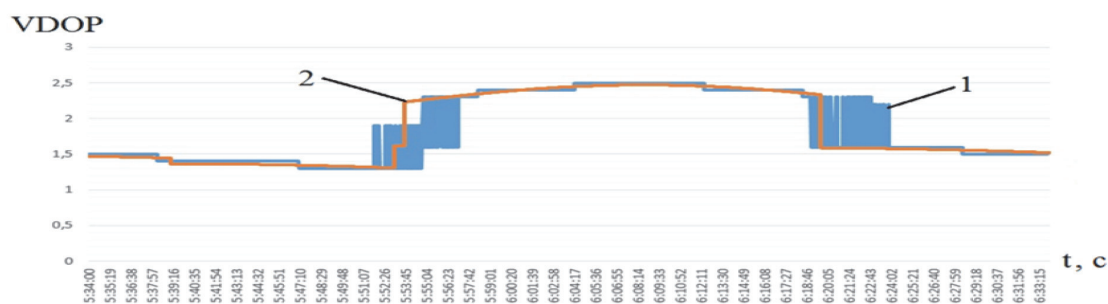


Рис. 5. Геометрический фактор (VDOP):
1 – для натурного эксперимента; 2 – для полунатурного эксперимента

Графики показывают, что условие навигационного сеанса соблюдены т.е. при полунатурном моделировании результаты совпадают с натурным, что говорит о правильности формируемой группировки имитатором СН-3803М. Мгновенное изменение значений ГФ обусловлено влиянием здания,

Далее определялись ошибки измерений. По формуле (2) определяется ошибка по высоте:

$$\delta_H = x_i - m_H. \quad (2)$$

Определение ошибки по широте, формула (3):

$$\delta_B = (x_i - m_B)[\text{рад}] \cdot (a + m_H). \quad (3)$$

Определение ошибки по долготе, формула (4):

$$\delta_L = (x_i - m_L)[\text{рад}] \cdot (a + m_H) \cos(m_B). \quad (4)$$

Результаты расчетов представлены на графиках (рис. 6–8, кривые 1 – результаты натурного эксперимента, кривые 2 – результаты полунатурного эксперимента).

По представленным графикам можно заметить, что полунатурный эксперимент показал соответствия с натурным экспериментом по значениям ГФ. Некоторые различия в результатах экспериментов можно объяснить тем, что при полунатурном моделировании были не соблюдены некоторые факторы. Таким образом, для достижения максимального соответствия экспериментов, нужно учесть дополнительное влияние

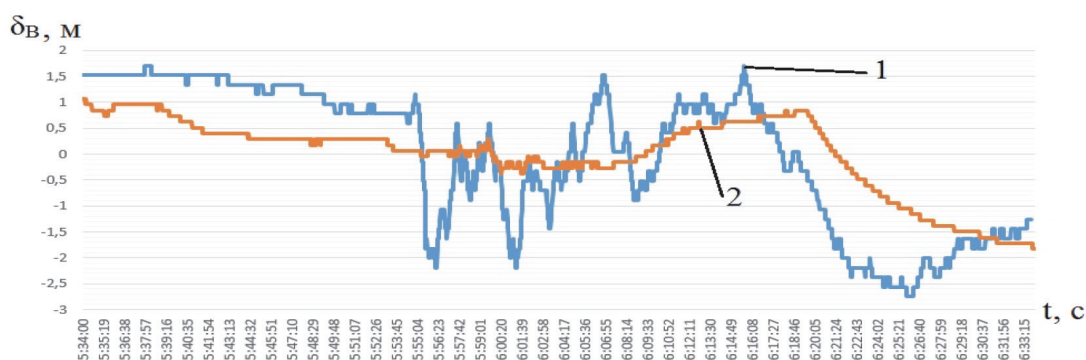


Рис. 6. Ошибка измерения по широте

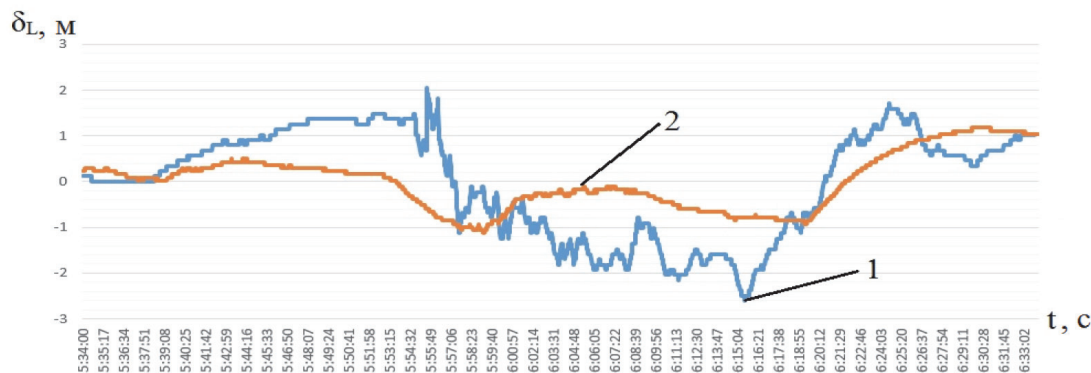


Рис. 7. Ошибка измерения по долготе

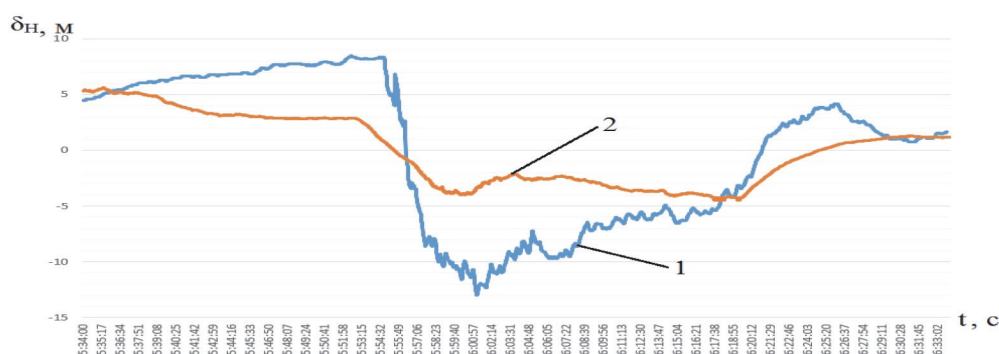


Рис. 8. Ошибка измерения по высоте

ошибок при многолучевости и псевдодалности. Данные ошибки будут исследоваться в дальнейших исследованиях при работе ССН ГЛОНАСС, GPS, а также с GNSS.

Список литературы

1. Харисова В.Н., Перова А.И., Болдина В.А. Глобальная спутниковая навигационная система ГЛОНАСС. – 3 с.
2. Скрыпник О.Н., Арефьев Р.О., Астраханцева Н.Г. Экспериментальное исследование характеристик совмещенного

GNSS приемника в высоких широтах [текст] / Скрыпник О.Н., Арефьев Р.О., Астраханцева Н.Г. // Научный вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 221 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/eksperimentalnye-issledovaniya-harakteristik-sovmeshennogo-gnss-priemnika-v-vysokih-shirotah> (28.03.2018). – 1 с.

3. GeoC-1. Руководство по эксплуатации версия 1.3 [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://geostar-navi.com/files/docs/geos1/User_Manual_GeoSIM_rus.pdf (28.03.2018). – Загл. с экрана.

4. Имитатор сигналов СН-3803М. Руководство по эксплуатации ТДЦК.464938.006 РЭ.