



УДК 531.761

А. В. Владимиров

*МБК «Прикладная физика и космические технологии» СФУ,
г. Железногорск, Красноярский край, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ГЛОНАСС С УЧЕТОМ ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРА ТОЧНОСТИ

Проведен анализ значений фактора точности, передаваемого в составе навигационного сообщения системы ГЛОНАСС. Предложен алгоритм использования значений фактора точности при решении навигационной задачи. Промоделированы точностные характеристики системы ГЛОНАСС при использовании приведенного алгоритма.

Ключевые слова: фактор точности, моделирование, ГЛОНАСС, спутниковые системы.

A. Vladimirov

*IBC «Applied Physics and Space Technology» SibFU,
Zheleznogorsk, Russia*

SIMULATION ACCURACY CHARACTERISTICS OF GLONASS SYSTEM WITH A GLANCE ACCURACY FACTOR VALUES

The paper presents the results of analysis of accuracy factor values, transmit in navigation message of GLONASS system. An algorithm for usage accuracy factor values in navigation task solution is proposed in the paper. Accuracy characteristics of GLONASS system are simulate with use of the algorithm.

Keywords: accuracy factor, simulation, GLONASS, satellite systems.

Глобальные навигационные спутниковые системы в настоящее время играют важную роль в обеспечении навигационных услуг для различных видов (наземных, воздушных, морских) потребителей как на территории страны, так и в глобальном масштабе. Одним из основных элементов глобальной навигационной спутниковой системы является навигационный космический аппарат (НКА), от надежности которого зависят эффективность функционирования всей системы, готовность и качество услуг, предоставляемых потребителям.

Надежное функционирование НКА зависит от надежности каждой из бортовых

систем аппарата, от действий наземного комплекса управления, а именно от своевременной закладки обновленной эфемеридной информации и грамотного управления космическим аппаратом на орбите.

Необходимость частой закладки обновленной эфемеридной информации на борт НКА ставит глобальную навигационную спутниковую систему в целом в большую зависимость от работы наземного комплекса управления. Для того чтобы снизить степень зависимости и повысить автономность работы НКА и системы в целом, необходимо уменьшить количество сеансов связи со спутником. Однако для глобальной навигационной спутниковой системы неотъемлемым показателем является уровень точности определения коор-

динат, который обеспечивает система для потребителя.

Для этого в составе информации, излучаемой навигационными спутниками, содержатся параметры, позволяющие оценить уровень точности, который возможно будет получить при определении координат потребителя с участием этого навигационного аппарата. Таким образом, навигационная аппаратура потребителя имеет возможность анализировать данный параметр и оценивать вклад каждого навигационного космического аппарата в общее решение навигационной задачи. Однако на данный момент в действующей версии интерфейсного контрольного документа нет описания алгоритма, в соответствии с которым навигационная аппаратура потребителя могла бы интерпретировать значения фактора точности, передаваемого в составе навигационного сообщения системы ГЛОНАСС.

Для моделирования точностных характеристик системы ГЛОНАСС использовалась математическая модель подсистемы космических аппаратов. В качестве исходных данных для модели были приняты следующие условия. Количество НКА – 24, находящихся на круговых орбитах высотой 19 100 км, наклонением $64,8^\circ$ и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120° . В каждой орбитальной плоскости размещается по 8 НКА с равномерным сдвигом по аргументу широты 45° . Кроме того, в разных плоскостях положения НКА из разных плоскостей сдвинуты относительно друг друга по аргументу широты на 15° . Такая конфигурация НКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем [1].

Для моделирования положения пользователей навигационных услуг было взято количество пользователей 98 570. Пользователи равномерно распределены на всей поверхности Земли.

Для моделирования навигационной аппаратуры было принято следующее:

- навигационная аппаратура функционирует в соответствии с требованиями ИКД системы ГЛОНАСС;
- использует угол места, больший или равный 5° ;
- производит вычисление местоположения спутника и геометрического расстояния

в соответствии с ПЗ-90.02, связанной с Землей, и времени по UTC (SU);

- осуществляет решение задачи определения местоположения и времени на основе радиовещательной передачи данных со всех видимых спутников, компенсирует динамическое доплеровское смещение в измерениях по коду и фазе несущей номинального сигнала КСТ;
- исключает неработоспособные спутники ГЛОНАСС из решения задачи местоопределения по информации из навигационного сообщения, передаваемого каждым НКА;
- использует обновленные и внутренние совместимые эфемериды и параметры времени для всех спутников, которые он задействует для определения местоположения;
- теряет сопровождение в случаях, когда спутник прекращает передачу радионавигационного сигнала КСТ;
- определяет точность передачи шкалы времени применительно к стационарному пункту с известными координатами [2].

Моделирование проводилось по следующим условиям: для каждого из потребителей на каждом шаге моделирования рассчитывается и решается навигационная задача для всех видимых НКА на всем интервале моделирования. Шаг моделирования составил 1 секунду, интервал моделирования – 24 часа (86 400 секунд).

Моделирование проходило в несколько этапов.

1-й этап: по значениям погрешностей местоположения и скорости НКА, приведенным в табл. 1 [1], были вычислены значения погрешности определения псевдодалности.

Таблица 1

Погрешности передаваемых координат и скорости НКА

	Местоположение, м	Скорости, см/с
Вдоль орбиты	7	0,03
По бинормали к орбите	7	0,03
По радиус-вектору	1,5	0,2

2-й этап: по статистике значений фактора точности для каждого НКА были вычислены соответствующие значения погрешности определения псевдодалности согласно табл. 2 [1].

Далее, используя погрешности определения псевдодалности, полученные на первом

Таблица 2

Таблица соответствия значений фактора точности

Значение фактора точности	Погрешность определения псевдодальности, м
0	1
1	2
2	2,5
3	4
4	5
5	7
6	10
7	12
8	14
9	16
10	32
11	64
12	128
13	256
14	512
15	Не используется

этапе моделирования, для которых известны соответствующие значения погрешностей определения местоположения и скорости НКА, используя методы интерполяции, мы вычислили погрешности определения местоположения и скорости НКА для значений погрешности определения псевдодальности, полученных из табл. 2. Для расчета значений погрешностей местоположения НКА по имеющейся погрешности определения псевдодальности использовалась эмпирическая формула [3].

3-й этап: на основе рассчитанных на втором этапе значений погрешности определения местоположения НКА проведено моделирование точностных характеристик системы ГЛОНАСС.

Моделируя точностные характеристики системы ГЛОНАСС с учетом значений фактора точности, необходимо исключать НКА со значением погрешности псевдодальности больше порогового значения 6 метров [2] из решения навигационной задачи, если исключение не повлечет за собой следующих событий:

- уменьшения количества НКА, участвующих в решении навигационной задачи до трех;
- превышения значения геометрического фактора ухудшения точности (более 6).

Если в зоне видимости навигационной аппаратуры потребителя находится несколько НКА со значением погрешности, превышающим пороговое, то исключение необходимо производить по одному НКА, производя

проверку вышеперечисленных условий после каждого условия, очередность исключения следует выбирать таким образом, чтобы в первую очередь исключались НКА с максимальным значением погрешности. При наличии двух и более НКА с одинаковым значением погрешности в первую очередь следует исключать тот НКА, после исключения которого значение геометрического фактора ухудшения точности является минимальным.

В результате моделирования были получены следующие точностные характеристики системы ГЛОНАСС:

- без учета значений фактора точности:
 - доступность системы ГЛОНАСС (глобально по всей поверхности Земли) – 100 %;
 - точность определения координат потребителя в плоскости для 95% вероятности – 11,7 метра;
 - точность определения координат потребителя по высоте для 95% вероятности – 20,3 метра;
- с учетом значений фактора точности:
 - доступность системы ГЛОНАСС (глобально по всей поверхности Земли) – 100 %;
 - точность определения координат потребителя в плоскости для 95 % вероятности – 9,8 метра;
 - точность определения координат потребителя по высоте для 95 % вероятности – 18,6 метра.

Таким образом, исходя из полученных результатов, целесообразно использовать алгоритм учета значений фактора точности, передаваемого в составе навигационного сообщения системы ГЛОНАСС.

Библиографические ссылки

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2. Редакция 5.1. Москва, 2008 г.
2. ГОСТ Р 52865–2009 Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний.
3. Оценка текущих характеристик системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://aggf.ru/gnss/glon/othgl.doc>.

Статья поступила в редакцию
30.05.2014 г.