

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СТАНЦИЙ ГЛОНАСС НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ

Курносов А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, Валиханов М.М.

*Сибирский федеральный университет*

За более чем полувековую историю исследований ионосферы, было предложено большое количество различных моделей, позволяющих учесть задержку сигнала в ионосфере. Модели, безусловно, учитывают задержку сигнала, но их точность оставляет желать лучшего.

Например, заявленная точность для модели Клобучара составляет порядка 50-60 % [1]. Максимальная ошибка прохождения сигнала, через ионосферу пересчитанная в псевдодальность составляет 30 м, это означает, что с помощью модели Клобучара можно снизить погрешность только до 15 метров. При этом нужно учитывать, что модель Клобучара была разработана под нужды GPS, а это означает, что заявленная точность должна получиться, где сеть IGS наиболее плотно распределена.

На сегодняшний день влияние ионосферы в ГЛОНАСС не учитывается. Моделей подобной Клобучара, применимых к условиям Сибири, не существует. При ее адаптации, очевидно, что заявленная погрешность 50-60% будет больше, так как сеть подобной IGS отсутствует. Проведение измерений по сигналам системы ГЛОНАСС является целесообразным потому, что количество спутников, работающих в диапазонах L1 и L2 гораздо большей, чем в системе GPS.

Из этого следует, что построение системы распределенных станций ГЛОНАСС на территории Сибири является актуальной задачей. По проведенным предварительным оценкам для покрытия данной территории необходимо около 10 станций.

Данный подход к решению задачи, об исключении задержки сигнала при прохождении через ионосферу над территорией Сибири, наиболее выгоден по следующей причине: с помощью сети станций ГЛОНАСС (а также GPS) можно определить полную электронную концентрацию (Total Electron Content), значение которой связано со скоростью распространения сигналов в ионосфере. Данная зависимость имеет следующий вид:

$$I = \frac{40.3 \cdot \text{TEC}}{f^2}. \quad (1)$$

При известных значениях TEC возможно формирование и построение карт на основе VTEC (Vertical Total Electron Content) для исключения задержки сигнала в ионосфере (1). Для пересчета TEC в VTEC можно воспользоваться приближением для ионосферы, а конкретно: рассматривать ионосферу как тонкую оболочку окружающую Землю. Теперь считая, что боковые градиенты электронов отсутствуют, можно определить VTEC следующим образом:

$$\text{VTEC} = \text{TEC}(\zeta) \cdot \text{OF}(\zeta),$$

где OF – наклонный фактор (величину удлинения пути сигнала). Исходя из геометрии рисунка 1, можно найти OF:

$$OF(\zeta) = \left[ 1 - \left( \frac{R_E \sin \zeta}{R_E + h_I} \right)^2 \right]^{-1/2},$$

где  $R_E$  – средний радиус Земли, равный 6371 км,  $h_I$  – средняя высота ионосферного слоя берется в диапазоне 300 - 400 км [2].

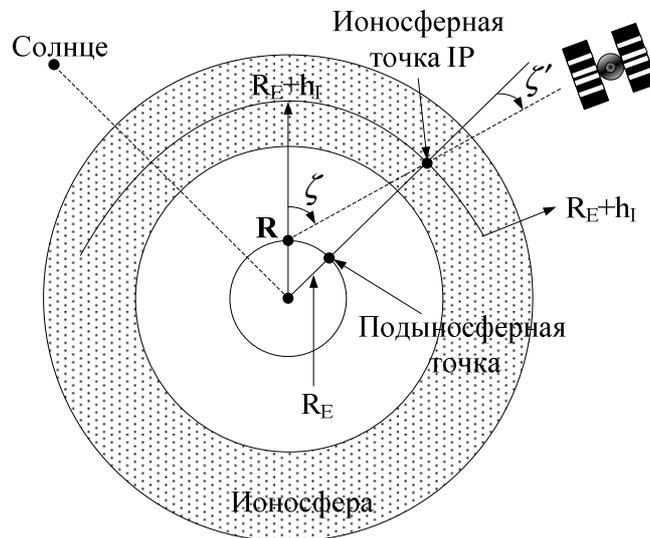


Рис. 1. Прохождение сигнала через ионосферу

Решение поставленной задачи разбивается на ряд подзадач. В первую очередь необходимо знать область стационарности ионосферы, где параметры ионосферы в определенный промежуток времени можно считать условно постоянными. Во-вторых, на всех станциях необходимо использование одинаковых приемников, что в свою очередь потребует разработки методов калибровки приемников для исключения аппаратурной погрешности. В-третьих, необходимо определить точки размещения станций ГЛОНАСС, обеспечивающие высокую точность построения карты распределения VTEC. В-четвертых, разработать способы передачи полученных значений VTEC пользователям ГНСС, например, через сеть Интернет или по радиоканалу.

Плюсы данного подхода заключаются в том, что с помощью дифференциального режима значение TEC получаются более адекватными и несколько проще, чем при решении задачи с помощью какой-либо из моделей International Reference Ionosphere (IRI) или NeQuick, которые требуют большое количество входных данных [1].

#### Библиографический список

1. Memarzadeh, Y. Ionospheric modeling for precise GNSS applications. / Y. Memarzadeh. - Delft University of Technology, 2009. – 242 с.
2. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 1. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. - 334 с.