

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ

*Ратушняк В.Н. майор, ст. преп., Дмитриев Д.Д. подполковник*

*Сибирский федеральный университет*

Навигация морских и воздушных объектов, а также других подвижных объектов осуществляется с применением различных технических средств, наиболее перспективным из них становится радионавигация спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС в дифференциальном режиме.

В основе дифференциальной навигации лежит относительное постоянство значительной части погрешностей навигации во времени и пространстве. Преимуществом применения данного режима навигации является удовлетворение более жестким требованиям навигационного обеспечения таких задач, как заход и посадка воздушных судов по категориям ИКАО (инструментальная посадка), дозаправка воздушного судна, плавание судов при входе в порты и гавани, геодезическая привязка и т. п.

Дифференциальный режим предполагает наличие как минимум двух навигационных приемников, находящихся в двух точках пространства, и используется для увеличения точности определения координат потребителя путем исключения сильно коррелированных погрешностей в двух точках рабочей зоны, а именно погрешности, обусловленных проявлением эфемеридного обеспечения и возникающих при прохождении радионавигационных сигналов (РНС) через ионосферу и тропосферу, погрешности синхронизации. При этом точность определения навигационных параметров зависит от степени пространственной и временной корреляции погрешностей данных приемов.

Дифференциальный режим принято классифицировать по типу основных измерений (фаза кода, фаза несущей частоты сигнала); по виду коррекции (коррекция псевдодальностей и псевдоскорости, коррекция навигационных параметров).

В соответствии с этой классификацией кратко рассмотрим основные варианты дифференциальных методов применительно к подвижным объектам.

**Дифференциальный режим с коррекцией координат.** Метод коррекции координат в дифференциальном режиме может использоваться в том случае, когда определение координат дифференциальной станцией (ДС), геодезически точно привязанной к принятой системе координат (ПЗ-90) и потребителем, осуществляется по одному и тому же созвездию навигационных спутников (НС). В этом случае дифференциальная поправка  $\Delta X = \hat{x} - x$ , где  $\hat{x}$  – вектор оценок координат дифференциальной станции;  $x$  – вектор эталонных заранее известных координат. Потребитель, измерив свои координаты, использует эту поправку для их уточнения. Данный метод может использоваться потребителем на сравнительно небольшие промежутки времени, требует незначительного объема передаваемой информации. Исходя из этого для подвижных объектов (потребителей) данный метод применим для решения таких задач, как полет в зоне аэродрома, инструментальная посадка воздушных судов (ВС), вхождение судов в порта и гавани, геологоразведка, контроль движения наземного транспорта

**Дифференциальный метод с использованием относительных координат.** В случаях когда геодезическая привязка ДС невозможна, дифференциальный режим может быть применен при использовании относительных координат. Если два объекта  $A$  и  $B$  определяют свои координаты  $\{x_a y_a z_a\}$   $\{x_b y_b z_b\}$ , то вектор координат  $B$  относительно  $A$  можно записать в виде  $x_{ba} = x_b - x_a$ ,  $y_{ba} = y_b - y_a$ ,  $z_{ba} = z_b - z_a$ .

В результате такой операции вычитания одинаковые квазисистематические ошибки, обусловленные особенностями распространения волн, неточностью эфемеридного обеспечения и синхронизации, исключаются. Как и первый метод, метод относительных координат будет эффективен на небольших взаимных удалениях при работе объектов  $A$  и  $B$  по одному созвездию НС. Очевидно, что применим такой метод, когда сама ДС подвижна и является ведущей по отношению к потребителю, который считается ведомым. Работа ДС кардинально отличается от работы аппаратуры на подвижных объектах. В первую очередь это касается динамики объектов. Если на подвижных объектах динамика определяется тактико-техническими характеристиками (ТТХ) объектов и может быть, в принципе, любой, то опорная станция, как правило, неподвижна. При размещении ДС на высокодинамичных объектах режим работы в реальном времени возможен лишь в том случае, если задержка данных опорной станции в канале связи не превышает время корреляции измерений радионавигационных параметров.

Практическим применением может быть дозаправка ВС у топливозаправщиков в полете, посадка ВС на плавучую площадку или аэродром, коррекция движения наземных подвижных объектов.

**Дифференциальный режим с использованием псевдоспутников.** В данном случае ДС излучает сигнал, аналогичный сигналу НС, и дифференциальная поправка потребителя оказывается привязанной к шкале времени ДС. Принятые потребителем сигналы ДС являются источником информации о взаимной дальности и скорости между потребителем и ДС. Использование таких ДС приводит к корректировке на возникающие геометрические факторы ГЛОНАСС и могут быть весьма информативными в случае размещения ДС под глиссадой, по которой заходит ВС, или на курсе движения судов в портах.

**Метод коррекции навигационных параметров.** Суть метода состоит в том, чтобы передать потребителю комплект поправок к результатам измерений по всем НС, которые могут быть использованы потребителем, предоставив тем самым возможность каждому выбирать оптимальное для него созвездие. На дифференциальной станции вычисляются поправки к изменяемым навигационным параметрам по всем НС, находящимся над ее радиогоризонтом. Разности геодезических и измеренных значений координат передаются потребителям, а потребитель применяет эти поправки к используемым им НС. Очевидно, что увеличение количества на оптимальном расстоянии друг от друга геодезически привязанных ДС приводит к увеличению точности определения навигационных параметров и пространства, используемого потребителем.

Обычно дифференциальные режимы используют для измерения радионавигационных параметров кодовую псевдодальность. Также возможно измерение радионавигационных параметров по фазе несущей частоты сигнала, при этом кодовая псевдодальность используется как первое приближение для фазовых измерений. Таким образом, выполнение потребителем тех или иных задач определяет требования к точности навигационных параметров, исходя из чего и выбирается метод дифференциального режима.