Вопрос исключения многолучевости навигационного сигнала ГНСС из спутниковых наблюдений является актуальным. Автором статьи проведены исследования работы алгоритмов по устранению многолучевости и приводятся следующие результаты:

Показано, что, несмотря на усилия специалистов, так и не получен однозначный алгоритм или методика полного исключения многолучевости из спутниковых наблюдений. Предлагается несколько алгоритмов, каждый из которых более эффективен в определенной ситуации.

Выдвинем следующую гипотезу: «Многолучевость — это явление, которое индивидуально для конкретного навигационного космического аппарата (НКА ГНСС) и конкретной точки установки антенны навигационной аппаратуры потребителя (НАП ГНСС) на определенную эпоху времени. Следовательно, корреляционная зависимость в погрешностях вызванных данным явлением между разными точками установки антенн НАП ГНСС и одним и тем же НКА ГНСС должна отсутствовать. А само явление однозначно выявляться из анализа остаточных погрешностей зависимых измерений, так как они имеют высокую корреляцию».

Для более глубокого исследования погрешностей в зависимых векторах и подтверждения данной гипотезы был проведен следующий эксперимент.

Были выполнены спутниковые наблюдения одновременно на трёх НАП ГНСС. В результате данных наблюдений можно образовать три вектора, два из которых независимые, а третий — следствие двух других. После обработки данных в ПО Topcon tools. Далее построены графики остаточных погрешностей вторых разностей по каждому из образованных векторов с одной и той же парой спутников. На рис. 1 изображены остаточные погрешности вторых разностей по каждому из трех векторов (ось Y соответствует значениям остаточной погрешности в циклах, при типе решения: fixed, iono-free, комбинаций фаз L1, L2).

Ни один из графиков не описывается ни одной известной функцией и напоминает случайный характер остаточных погрешностей. Разумеется, что в полученных погрешностях присутствуют те эпохи наблюдений, где произошло переотражение сигнала, но выявить их либо очень сложно, либо невозможно. Следует отметить, что в остаточных погрешностях вторых разностей отсутствуют погрешности бортовых шкал времени НКА ГНСС и шкал времени НАП ГНСС, а учитывая, что применялась двухчастотная НАП ГНСС, должны отсутствовать погрешности, связанные с задержкой радиосигнала в ионосфере.

Для образованных векторов, один из которых следствие двух других, был построен график суммы остаточных погрешностей вторых разностей по каждой эпохе. Наблюдения взяты за весь период одновременного нахождения двух спутников выше маски возвышения. В результате получили не менее трех часов, не менее 700 эпох с интервалом между эпохами 15 с. На данном графике видно, что сумма остаточных погрешностей имеет свойство изменяться со временем. Таким образом, в суммарных остаточных погрешностях можем

видеть эпохи с погрешностями случайного характера.

Опираясь на данный эксперимент можно построить следующую методику по определению эпох с многолучевостью.

1. Проводятся спутниковые наблюдения одновременно на трёх станциях НАП ГНСС для получения одного зависимого вектора.

2. Обрабатывается каждый вектор отдельно, направления векторов должны быть выбраны таким образом, чтобы начало одного вектора являлось концом последующего.

3. Вычисляют остаточные погрешности во вторых разностях для каждого вектора относительно каждой возможной пары спутников.

4. Отдельно для каждой пары спутников суммируют полученные погрешности по правилу сложения параллельных векторов, один из которых направлен в обратную сторону относительно двух других.