**ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ НА ОРТОДРОМИИ**

***Баяндурова А.А., Оленич А.И.***

ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г.Москва, Россия

**1. Введение**. Для решения задачи высокоточного позиционирования подвижных объектов в настоящее время все чаще используются электронные карты, позволяющие с высокой точностью аппроксимировать траекторию движения объекта набором ортодромических траекторий.

Привлекательность использования таких траекторий состоит в том, что за счет функциональной зависимости навигационных переменных, существующей на данной траектории [1], появляется возможность аналитического решения задачи позиционирования, и, как следствие, резкого сокращения вычислительных затрат и уменьшения аппаратного состава навигационно-измерительного комплекса (НИК), что актуально для беспилотных локомотивов, которые движутся по известным траекториям, разбиваемым на кратчайшие интервалы.

Общее аналитическое решение задачи навигации на ортодромической траектории было получено в [1] для географических координат. Однако в практике использования навигационных систем не менее востребованы гринвичские координаты (ГК) [3]. В связи с этим, представляет высокий интерес аналитическое решение этой задачи в этой системе координат.

**2. Решение задачи**. Для решения воспользуемся результатами работы [2], где показано, что на ортодромической траектории между ГК ,  и  существует функциональная зависимость, позволяющая выразить через переменную, соответствующую координате , две другие координаты:

 (2.1)

где *Р, Р0, а0, а1* – постоянные параметры, определяемые координатами начальной () и конечной () точек ортодромической траектории; , - географическая долгота и широта.

Таким образом, с учетом выражения (2.1), решение задачи для переменной  обуславливает и общее решение задачи навигации на ортодромии.

Для поиска аналитического выражения переменной  через измерения параметров линейного движения объекта предварительно воспользуемся известной связью  и  [3]:

, (2.2)

где *h* –высота объекта над поверхностью Земли, *r* – радиус Земли.

Дальнейшее решение задачи рассмотрим для случая *h=const*.

Для ортодромической траектории и постоянного угла  наклона пути относительно плоскости горизонта, аналитическое решение навигационной задачи для географической широты  ранее было получено в работе [1], однако использование полученных результатов

для рассматриваемого случая не представляется возможным. В связи с этим, получим далее зависимость , необходимую для дальнейших построений.

В случае ортодромической траектории модуль скорости может быть представлен как [1]:

,

где *VY –* проекция скорости объекта на ось *OY* географической системы координат.

Такое представление позволяет трансформировать известное уравнение широты к виду:

,

легко интегрируемому разделением переменных:

.

Используя табличное значение интеграла [4], окончательно получаем искомую зависимость :

, (2.3)

Исходя из полученной зависимости и связи (2.2), аналитическое решение навигационной задачи для гринвичской координаты ** может быть записано в следующем виде:

, (2.4)

где ** - начальное значение гринвичской координаты *.*

**3.Заключение.** Выражение (2.4) представляет собой общее аналитическое решение задачи навигации на ортодромии в гринвичской системе координат, которое помимо очевидного повышения точности, позволит существенно сократить вычислительные затраты, а также аппаратурный состав НИК за счет возможности измерения только одного параметра линейного движения – модуля скорости движущегося объекта.

**Литература**

1. *Соколов С.В.* Аналитические модели пространственных траекторий для решения задач навигации // Прикладная математика и механика. Т.79. вып.1. 2015. С. 24-30.

2. *Соколов С.В.* Синтез аналитических моделей пространственных траекторий и их применение для решения задач спутниковой навигации // Прикладная физика и математика, Т.1. вып.2. 2013. С. 3-12

3. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. *Перова А.И., Харисова В.Н.* − М.: Радиотехника, 2010. 800 с.

4. *Градштейн И.С., Рыжик И.М.* Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Физматгиз, 1963. 1100 с.