

## ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

© 2022 Я. Е. Львович, Ю. П. Преображенский, Е. Ружицкий

*Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)*

*Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

*Панъевропейский университет (Братислава, Словакия)*

*В статье обсуждаются некоторые вопросы, связанные с алгоритмами позиционирования транспортных средств. Сравниваются разные виды маршрутизации. Указаны главные факторы, которые оказывают влияние на значения погрешности при навигационных замерах. Показано влияние на распространение сигнала тропосферы и ионосферы. Параметры информационно-измерительных систем связаны с характеристиками спутников.*

*Ключевые слова: транспорт, позиционирование, топология, алгоритм.*

Когда мы начинаем решать задачи, предполагающие обеспечение метрологических параметров информационно-измерительных систем (ИИС), занимающихся позиционированием транспорта с применением спутниковой связи, нам необходимо использовать способы, которые были изначально прописаны в группе спутников. Обычно пользуются дальним, квазидальномерным, а также доплеровскими способами. Дальномерный способ предполагает замер времени, в течение которого сигнал задерживается в атмосферных слоях [1]. И это дает возможность измерить расстояние от транспортных средств до пользователя.

В том случае, когда бортовые устройства транспортных средств, а также пользователей имеют частотный модуль обеспечивающие высокую стабильность, тогда, чтобы найти пользователя по координатам, хватит 3 спутника. Прочий же способ применения этого способа предполагает функционирование устройств пользователя по режиму «запроса и ответа», чтобы ретранслировать поступающий сигнал [2].

При применении квазидальномерного способа, не нужно иметь частотный модуль с высокой стабильностью, потому что вместе координатными данными транспортных средств, рассчитывается временная разница между временной зоной пользователя и общим мировым временем. И поэтому данные обязаны приходить уже от 4 транспортных средств. И также навигация теперь рассчитывается с помощью 4-х уравнений от каждой квазидальности.

При доплеровском способе производится замер того, насколько сдвигается частота принятого сигнала, а затем он интегрируется за определенное время. Это дает возможность найти длину волны, которая будет охарактеризовывать смену расстояния от передающих спутников за установленное время [3].

Это говорит о том, что данный способ практически такой же, как и разностнодальномерный. Здесь также необходимо 4 транспортных средств, чтобы определить, где находится пользователь по координатам.

В связи с тем, что главная задача метрологии в каждой ИИС, это наиболее точные замеры, то тогда перейдем к рассмотрению главных факторов, которые могут найти значения погрешности при навигационных замерах [4].

Этими факторами являются:

- то, какой вид имеет созвездие, которое определяет как спутники, обеспечивающие навигацию, располагаются друг к другу, а

---

Львович Яков Евсеевич – ВГТУ, профессор, e-mail: [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru).

Преображенский Юрий Петрович – Воронежский институт высоких технологий, профессор, e-mail: [petrovich@vvt.ru](mailto:petrovich@vvt.ru).

Ружицкий Евгений – Панъевропейский университет, канд. техн. наук, доцент, e-mail: [rush\\_evg\\_br53@yandex.ru](mailto:rush_evg_br53@yandex.ru).

также как они ориентированы по пользователю;

- как меняется скорость, с которой распространяются волны, когда они проходят через атмосферные слои;

- наличие специальных погрешностей, которые имеют связь с распространением многими лучами, а также небольшой мощностью сигналов, обеспечивающих навигацию и слабыми возможностями устройств пользователей [5].

Также следует учесть, что данная методика способная измерить координаты транспортных средств, очень влияет на точность его положения. Выше мы отмечали, что при квазидальномерной методике замеров, необходимо жестко соблюдать различные требования, связанные с точностью временных измерений. Даже если применять последние эталоны, значение временной погрешности иногда составляет более полуметра [6].

Если говорить о значениях погрешности, которая появляется в оборудовании пользователя в связи с плохим уровнем сигнала. Необходимо заметить, что уровни сигналов и шума принимающего устройства могут крайне сильно повлиять на значение погрешности, когда рассчитывается псевдодальность. Поэтому и можно ожидать появление ошибочного сравнения сигналов с критической амплитудой (КА), и сигнала опорного типа. Такие ошибочные расчеты увеличивают значение погрешности при расчете местоположения пользователя, и она может равняться 1,2 метра [7].

Специальная погрешность, которая присуща исключительно спутникам, состоит в том, что луч распространяется по нескольким направлениям. Сигнал навигации, который отражается от земной поверхности, может иметь наложение на сигнал, который приходит напрямую от спутниковых систем [8].

В связи с тем, что отражающийся сигнал находится в противоположной фазе, то из-за интерференционных эффектов рабочий сигнал и тот, который отражается от поверхности, подавляют друг друга. В итоге происходит существенное уменьшение соотношения сигнала к шуму, что порождает еще одну ошибку при вычислении местоположения пользователя. Ее значение находится в прямой зависимости от того, как отражается сигнал навигации, однако обычно она равняется примерно двум метрам.

Если оценивать погрешности в атмосфере, то необходим учет 2-х областей, которые различно оказывают влияние на сигнал навигации. Мы имеем в виду ионосферу, а также тропосферу. Сигнал задерживается при высоте от пятидесяти до пятисот километров, поскольку атмосфера ионизируется. Сигнал от спутниковых систем может менять свою скорость, поскольку может преломляться в их оптических устройствах, поскольку в ионосфере присутствуют свободные электроны [9].

Значение задержки имеет пропорциональность частоте сигнала в квадрате, а также имеет прямую зависимость от того, насколько электроны сконцентрированы в ионосфере. В связи с тем, что сейчас есть ряд моделей, позволяющих эффективно распределять данные электроны, то можно предложить работающий способ, позволяющий компенсировать значение погрешности при расчете псевдодальности. Для этого применяются принимающие устройства, использующие 2 частоты L1, а также L2. Даже когда производятся измерения таким способом, погрешность, которая не смогла быть компенсированной, может привести к ошибке, иногда достигающей десяти метров [10, 11].

В связи с тем, что тропосферный слой атмосферы наиболее нижний слой и имеет самую большую плотность, то если скорость сигнала будет меняться, то это повлечет за собой появление больших погрешностей. Также, то, в каком состоянии будет находиться атмосфера на восьми – тринадцати километрах высоты, будет зависеть от давления, влажности воздуха и температурных показателей. И поэтому для того, чтобы максимально исключить погрешность в данном атмосферном слое, необходимо построить рабочую модель с применением математических выкладок [12].

Кроме того, величина задержки напрямую будет зависеть от расстояния, которое сигнал пройдет в тропосферном слое, соответственно от того, как спутниковые системы располагаются к земной поверхности. В какой-то мере значение погрешности сигнала, проходящего через тропосферу, можно нивелировать с помощью поправочных коэффициентов. Однако, несмотря на это, величина тропосферных погрешностей при замерах псевдодальности равняется примерно одному метру. Большая часть погрешно-

сти зависит от того, как спутники располагаются относительно друг друга и относительно привязанного к ним созвездия, и от того в каком положении находится в этот момент транспортное средство (ТС) [9].

Чтобы оценить данный геометрический фактор применяется отдельный коэффициент, который называется PDOP. Его значение умножается на полученные раньше погрешности с целью того, чтобы найти окончательную погрешность. Соответственно, ухудшение геометрического положения по рабочему созвездию транспортных средств, ведет к увеличению значения PDOP, а также к увеличению окончательной погрешности. Нормальной величиной PDOP считают значение в диапазоне от четырех до шести [9].

Отсюда можно сделать вывод, что параметры ИИС по метрологии, при определении ТС на территории с помощью спутников, имеют прямую связь со значениями точности [1, 9].

Показатель точности позиции транспортных средств, который определяет его система навигации, выступает как ее возможность удерживать транспортных средств в любой из точек согласно принятой схеме передвижения, с учетом общей погрешности.

Ее вероятность составляет 0,95, если транспортных средств движется, и не меньше десяти – семи по каждому часу передвижения. Кроме того, существует такой параметр как невязки, расчет которых производится после оценки избытка при замерах навигации. А также оценки по статистике, производимые после того, как будут обработаны данные по псевдодальности от транспортных средств до установленного транспортных средств [6]. Чтобы получить необходимые параметры по метрологии, необходимо изучить то, как ведут себя погрешности, содержащиеся в замеренных координатах и при замере скорости передвижения транспортных средств.

Выводы. В работе дан анализ особенностей обеспечения метрологических характеристик информационно-измерительных систем позиционирования транспортных средств. Показаны основные факторы, оказывающие влияние на позиционирование.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Львович Я. Е. Разработка оптимизационной модели системы предоставления

распределенных транспортных услуг / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский // *International Journal of Advanced Studies*. – 2022. – Т. 12. – № 1-2. – С. 24-33.

2. Львович Я. Е. Особенности создания информационной базы в ходе рассмотрения транспортной системы / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский // *International Journal of Advanced Studies*. – 2022. – Т. 12. – № 1-2. – С. 34-42.

3. Львович Я. Е. О системе оценки маршрутов перевозок продуктового предприятия / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // *International Journal of Advanced Studies*. – 2021. – Т. 11. – № 1-1. – С. 14-24.

4. Львович Я. Е. Оптимизация структуры и функционирования комплексного транспортного предприятия / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский // *International Journal of Advanced Studies*. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 89-98.

5. Львович Я. Е. Характеристики управления развитием персонала в транспортной компании / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский // *International Journal of Advanced Studies*. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 99-107.

6. Львович Я. Е. Исследование возможностей развития транспортной системы в регионе / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский // *International Journal of Advanced Studies*. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 83-91.

7. Львович Я. Е. Алгоритмизация управления некоторыми ресурсами в системе перевозок / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // *International Journal of Advanced Studies*. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 29-37.

8. Львович Я. Е. Об оптимизации системы перевозок на основе мониторинговой информации / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // *International Journal of Advanced Studies*. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 38-47.

9. Львович Я. Е. Алгоритмизация рационального использования ресурсов в системе перевозок / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // *International Journal of Advanced Studies*. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 137-144.

10. Львович Я. Е. Применение методов моделирования и оптимизации информационных структур для управления транспортными предприятиями / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 145-156.

11. Львович Я. Е. О возможности прогнозирования систем перевозок в регионе / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский,

О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2020. – Т. 10. – № 4. – С. 170-178.

12. Львович Я. Е. О системе оценки качества работы транспортного предприятия для управления его функционированием / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2020. – Т. 10. – № 4. – С. 179-188.

## THE PRINCIPLES OF PROVIDING METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF INFORMATION-MEASURING SYSTEMS OF POSITIONING OF VEHICLES

© 2022 *Ya. E. Lvovich, Yu. P. Preobrazhensky, E. Ruzhitsky*

*Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)  
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)  
Pan-European University (Bratislava, Slovakia)*

*The paper discusses some issues related to vehicle positioning algorithms. Different types of routing are compared. The main factors that influence the values of the error in navigation measurements are indicated. The effect of the troposphere and ionosphere on signal propagation is shown. The parameters of information-measuring systems are related to the characteristics of the satellites.*

*Keywords: transport, positioning, topology, algorithm.*