

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

***Ермошенко Юлия Марковна***

генеральный директор

ООО «Аэроприбор»

г. Москва

***Евтушенко Олег Александрович***

канд. техн. наук, директор

Филиал «НИИ Аэронавигации»

ФГУП Государственный научно-исследовательский

институт гражданской авиации

г. Москва

### **ВЛИЯНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ БОРТОВОГО ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ТОЧНОСТЬ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ**

*Аннотация:* в работе рассматривается метод уменьшения влияния неустойчивости бортового опорного генератора на точность определения навигационных параметров в спутниковых радионавигационных системах путем включения псевдоскоростей в вектор измеряемых радионавигационных параметров.

*Ключевые слова:* опорный генератор, неустойчивость, навигационный параметр, точность, спутниковая радионавигационная система.

1. Точность навигационных определений (НО) воздушного судна (ВС) зависит от очень большого числа самых разнообразных причин, влияющих величин и факторов.

2. Одним из определяющих факторов является точность бортовой шкалы времени (БШВ), зависящая в первую очередь от стабильности частоты  $f$  опорного генератора, используемого в аппаратуре потребителя спутниковой радионавигационной информации.

3. Флуктуации частоты опорного генератора, приводящие к систематической ошибке, которая корректируется с учетом сдвига бортовой шкалы времени

относительно шкалы времени спутниковой радионавигационной системы (СРНС).

4. Процедура компенсации «сдвига времени» носит итерационный характер. Его оценка  $\Delta \hat{t}$ , сделанная в какой-то момент времени, учитывается на следующем этапе и т. д., что позволяет как бы скомпенсировать систематическую ошибку измерений.

5. Следствием этого является то, что на точность навигационных измерений, в первую очередь, начинают влиять случайные изменения частоты опорного генератора. В качестве количественной меры здесь выступает широко используемый в радиотехнике параметр – относительная нестабильность частоты –  $\sigma_f / f$  где  $\sigma_f$  – среднеквадратическое отклонения частоты от ее среднего значения.

6. В [1] получено соотношение, устанавливающее прямую взаимосвязь между координатами ВС и относительной опорного генератора, в условиях координат самолета с использованием оптимальной нелинейной фильтрации (ОНФ).

7. ОНФ осуществляется с учетом нелинейности уравнения наблюдения. Показано, что ошибка определения координат ВС дальномерным способом, реализуемом при высокой точности бортовой шкалы времени ( $\Delta t \approx 0$ ) никогда не превышает аналогичную величину, имеющую место в условиях применения дальномерно-разностного метода. В этом случае возникающая погрешность метода (в случае, при которых сдвиг бортовой шкалы времени  $\Delta t$  включается в состав оцениваемых навигационных параметров), соотносится со средним положением.

8. Следует отметить, что в условиях слабой устойчивости частоты опорного генератора погрешность, имеющая место при использовании псевдодальномерного метода слабо отличается от аналогичной погрешности, возникающей при дальномерно-разностном методе. Если, напротив, опорный генератор обеспечивает высокую устойчивость частоты, названная погрешность близка к возникающей погрешности, имеющей место при дальномерном методе.

9. Приведена зависимость ошибки местоопределения ВС от нестабильности частоты ОГ при оптимальных нелинейной и линейной фильтрации навигационных параметров. На приведенном рисунке  $\sigma_p$  – это среднее квадратичное отклонение результатов измерения псевдодальности,  $\sigma_r$  – аналогичная величина, относящаяся к измерению координат, а  $\sigma_f$  – то же по отношению к частоте (нижняя разрывная линия).

10. Приводимая зависимость построена для случая НО по оптимальному рабочему созвездию из четырех навигационных космических аппаратов (НКА) с геометрическим фактором  $G_r = 1$  при  $\sigma_p = 600$  м, параметрах ДМ воздушного судна:  $\gamma_x = \gamma_y = \gamma_z = 0,02$  с<sup>-1</sup>,  $\gamma_t = 0,001$  с<sup>-1</sup>,  $\sigma_{V_{BC}} = 60$  м/с и периоде дискретизации  $T = 1$  с. Для сравнения там же показана зависимость точности местоопределения ВС от нестабильности частоты ОГ, полученная при тех же условиях для случая фильтрации координат ВС с использованием ОЛФ.

11. Практическое совпадение рассматриваемых зависимостей подтверждает известное положение о близости результатов оценки флуктуирующих параметров, полученных с использованием ОНФ и ОЛФ.

12. Таким образом, проведенный анализ показал, что при местоопределении ВС с помощью АП СРНС даже в случае использования для фильтрации координат ВС оптимальных алгоритмов нестабильность ОГ сильно сказывается на точности местоопределения, если вектор измерений в качестве радионавигационных параметров (РНП) содержит только псевдодальности ВС до НКА.

### ***Список литературы***

1. Харисов В.Н. Оптимальная фильтрация координат подвижного объекта / В.Н. Харисов, А.И. Яковлев, А.Г. Глущенко // Радиотехника и электроника. – 1984. – №10.