

# ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ, РАБОТАЮЩАЯ ПРИ ПРИЕМЕ СИГНАЛОВ ОТ ОГРАНИЧЕННОГО КОЛИЧЕСТВА НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

Прохорцов А. В.

ГОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула,  
Россия

Данный проект является *научно-исследовательским*, т.е. представляет собой комплекс теоретических и экспериментальных исследований, проводимых с целью поиска и обоснования методов повышения точности и надежности инерциально-спутниковой системы навигации.

**Объектом исследования** является инерциально-спутниковая система навигации

(ИССН) высокоманевренного летательного аппарата (ВЛА) с малым временем полета.

В отличие от автономных инерциальных навигационных систем ИССН используют информацию от СНС ГЛОНАСС и/или GPS, что делает их уязвимыми для искусственных и естественных радиопомех. Существенным недостатком, присущим ПА СНС, является их слабая помехозащищенность, обусловленная малой мощностью полезного радиосигнала навигационного спутника. Так мощность радиосигнала кода стандартной точности GPS вблизи поверхности земли составляет всего  $10^{-16}$  Вт. Способность ПА обнаруживать такой малый сигнал может быть нарушена источником мощностью всего 2

Вт, расположенном на расстоянии от ПА в 30 км.

Другой особенностью традиционно применяемых ИССН является то, что они остаются работоспособными при приеме сигналов от 4-х и более навигационных спутников. В случае потери сигнала хотя бы одного из 4-х спутников, классическая ИССН переходит в автономный режим работы, фактически работает только БИНС, что влечет за собой недопустимо большие погрешности в определении параметров движения и координат. Полет ВЛА осуществляется по сложной траектории, поэтому не всегда имеется возможность принимать сигналы от 4-х навигационных спутников. Более того, при использовании сигналов системы ГЛОНАСС, которая в настоящее время развернута не полностью (либо периодически работают не все навигационные спутники), часто приходится работать по сигналам всего одного – двух спутников. Например, по состоянию на 29.10.2009 года из 24-х навигационных спутников функционирует всего 17 спутников [<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/>], что не обеспечивает приема радиосигналов от 4-х спутников в течение 24 часов в сутки в любой точке Земного шара.

Таким образом, классические ИССН не обладают требуемой точностью и надежностью для условий применения на борту ВЛА.

**Предметом исследования** являются методы повышения точности и надежности ИССН для ВЛА, работающие в режиме реального времени и обеспечивающие достижение требуемой точности и надежности системы без повышения стоимости, массы и габаритов бортовой аппаратуры ВЛА.

Данные методы необходимы для создания точной, малогабаритной и относительно недорогой ИССН, работающей по сигналам ограниченного количества навигационных спутников и способной отбраковывать естественные и искусственные радиопомехи.

**Целью** проекта является теоретическое и экспериментальное обоснование методов повышения точности и надежности инерциально-спутниковой навигационной системы высокоманевренного летательного аппарата с малым временем полета, эффективно функционирующих в режиме реального времени, при приеме сигналов от произвольного количества навигационных спутников, в условиях естественных и искусственных радиопомех.

Для достижения поставленной цели решены следующие **научно-технические задачи**:

- ✓ проведен аналитический обзор источников и видов радиопомех и сравнительный анализ существующих методов устранения их влияния на ПА СНС;
- ✓ разработаны и математически описаны методы повышения точности и надежности ИССН, работоспособные в режиме реального времени, в условиях интенсивных маневров ВЛА, при приеме радиосигналов от произвольного количества навигационных спутников и при наличии естественных и искусственных радиопомех;
- ✓ разработаны и математически описать методы выработки параметров ориентации ВЛА по сигналам ПА СНС;
- ✓ модернизирована математическая модель ИССН, и введены в неё разработанные методы;
- ✓ на основе анализа математической модели теоретически обоснована эффективность предложенных методов;
- ✓ реализованы предложенные методы в программном обеспечении бортовой цифровой вычислительной машины негабаритного макета ИССН;
- ✓ проведены экспериментальные исследования с целью подтверждения работоспособности и эффективности методов повышения точности и надежности;
- ✓ выработаны рекомендации по использованию разработанных методов в ИССН, функционирующих на борту ВЛА.

Анализ информационных источников показал, что освещенной выше проблемой занимаются во многих индустриально-развитых странах. Однако **остаётся высокой потребностью в надёжной навигационной системе**, способной обеспечить требуемую точность определения параметров движения и координат местонахождения в условиях эксплуатации, характерных для бортовой аппаратуры высокоманевренного летательного аппарата, следовательно, работа по теоретическому и экспериментальному обоснованию методов повышения точности и надежности ИССН, эффективно функционирующих в режиме реального времени, при приеме сигналов от произвольного количества навигационных спутников, в условиях естественных и искусственных радиопомех, **является актуальной**.

#### **Теоретическая и практическая значимость результатов проекта:**

В настоящее время значительно расширяется область применения ИССН. Это связано: с потребностью в беспилотных летательных аппаратах, с актуальностью создания высокоточного оружия поколения «пустил-забыл», с необходимостью защиты человека и создания наземных робототехнических комплексов заменяющих его в опасных условиях, с развитием автомобильной индустрии и обеспечением высокого уровня безопасности движения и т.д. Это позволяет утверждать, что **методы повышения точности и надежности инерциально-спутниковой системы навигации востребованы**, а необходимость их разработки – очевидна.

Разработанные методы можно будет использовать:

- 1) Для повышения точности и надежности покупных ИССН, имеющих невысокую стоимость. Это позволит получить более точные и надежные системы при минимальных временных и финансовых затратах, что в свою очередь, обеспечит расширение круга решаемых этими системами задач, по сравнению с предложениями разработчиков.
- 2) Для улучшения эксплуатационных характеристик уже применяемых на различных высокоманевренных летательных аппаратах ИССН, что позволит повысить их эффективность без значительной модернизации, т.е. без замены чувствительных элементов и изменения схемотехнических и конструктивных решений.
- 3) Для создания новых ИССН, отличающихся от существующих меньшей стоимостью, габаритами и массой (при аналогичной точности и надежности измерений)

и/или более высокой точностью и надежностью (при аналогичной массе, габаритах и стоимости).

4) Для повышения точности и надежности ИССН, применяемых не только на борту высокоманевренных летательных аппаратов, но и на других подвижных объектах.

Научная новизна результатов заключается в теоретическом обосновании методов повышения точности и надежности инерциально-спутниковой навигационной системы высокоманевренного летательного аппарата с малым временем полета, эффективно функционирующих в режиме реального времени, при приеме сигналов от произвольного количества навигационных спутников, в условиях естественных и искусственных радиопомех. При этом разработаны:

- технический облик, функциональная и структурная схемы ИССН для ВЛА,

отвечающей перечисленным требованиям;

- математическая модель ИССН для ВЛА и программное обеспечение, реализующее эту модель, позволяющие проводить исследования функционирования системы;

- новые технические решения и методы, направленные на повышение точности и надежности ИССН для ВЛА;

- программа и методика исследовательских испытаний негабаритного макетного образца ИССН для ВЛА.

Результаты, полученные в ходе выполнения данной работы в области повышения точности и надежности навигационных систем, частично будут использованы при подготовке материалов диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.