

Вопросы управления движением и навигации летательных аппаратов

УДК 629.7.05

**Антонов Ю.Г., Мантуров А.И., Огарков В.И., Рублев В.И., Усталов Ю.М.,
Шебшаевич Б.В., Чухненко А.В.**

СИСТЕМА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В бортовых системах управления современных низкоорбитальных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) предполагается выполнение функций автономного навигационного обеспечения на основе устройств спутниковой навигации системы ГЛОНАСС, созданной в России, и системы GPS, созданной в США. Это позволяет эффективно осуществлять снабжение параметрами движения потребителей как на борту КА, так и на Земле. В отличие от КА, традиционно имеющих в своем составе бортовой хранитель времени (БХВ), который является источником бортовой шкалы времени (БШВ) и обеспечивает синхронизацию работы всех бортовых систем, представляется целесообразным объединить в одном устройстве БХВ и аппаратуру спутниковой навигации с целью создания бортового навигационно-временного устройства (БНВУ). При этом обработка получаемой навигационной информации для оперативного получения параметров движения проводится в БНВУ, вторичная обработка по расширенной выборке измерений для получения параметров более высокой точности проводится в бортовой вычислительной системе (БВС) КА с помощью программного обеспечения системы спутниковой навигации (ССН). Структурная схема ССН, разработанная для КА «Ресурс-ДК», представлена на рис. 1

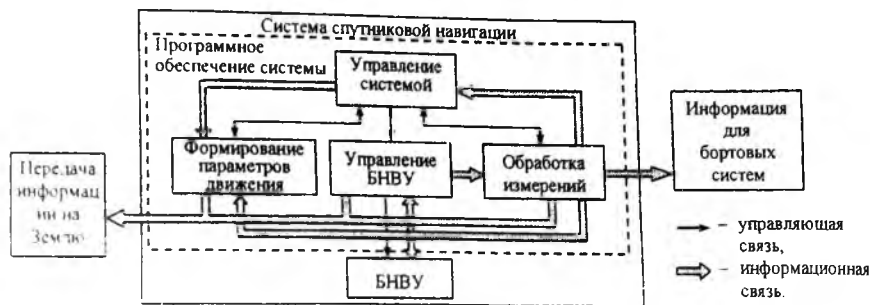


Рис. 1. Структурная схема системы

Объединение в одном устройстве БХВ и аппаратуры приема сигналов навигационных систем ГЛОНАСС и GPS позволяет решать как задачи синхронизации шкалы времени КА, так и задачи определения положения КА на орбите.

Для проведения системой навигационных измерений при функционировании аппарата ориентация оси диаграммы направленности антенного устройства БНВУ должна совпадать с направлением геоцентрического радиуса-вектора КА в пределах конуса с углом $\alpha \leq 35^\circ$, а угловая скорость вращения КА вокруг центра масс должна быть не более 3 %/с.

БНВУ системы навигации предназначено для решения трех основных задач:

- формирования БШВ, управления бортовой шкалой времени и частотой опорного генератора (ОГ) по сигналам ГЛОНАСС/GPS и удержания отклонения частоты ОГ на весь период активного существования на уровне не хуже $1 \cdot 10^{-10}$.

- автономного определения параметров движения центра масс КА при точности измерения координат до 30 м,

- решения задачи определения пространственной ориентации КА с точностью до 10 угловых мин

Структурная схема БНВУ представлена на рисунке 2

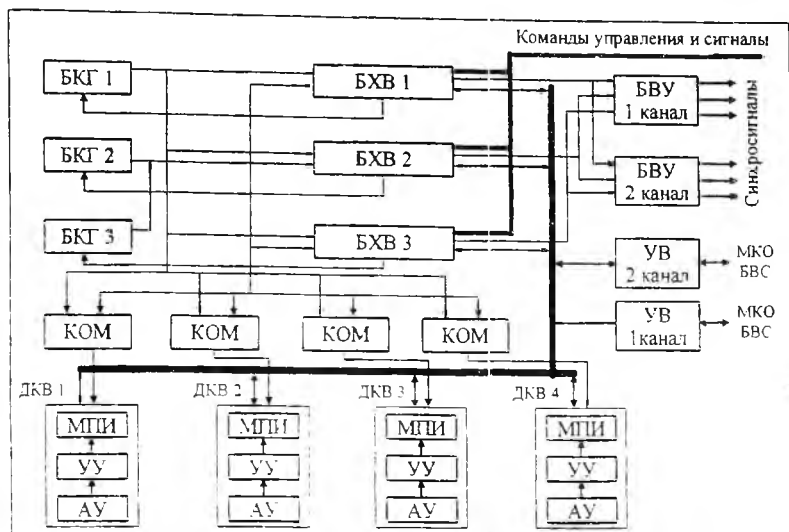


Рис. 2 Структурная схема БНВУ

Для решения указанных задач БНВУ, как интегрированная система, включает в себя следующие компоненты:

- ДКВ - датчик координатно-временной информации, в состав которого входит модуль приемоизмерительный (МПИ), работающий по сигналам ГЛОНАСС и GPS и обеспечивающий отслеживание сигналов этих систем по 16-ти каналам. Четыре датчика с МПИ, антенными устройствами (АУ) и устройствами усиления (УУ) являются источниками точного времени частоты для формирователя БШВ, текущих координат центра масс КА и отсчетов текущей фазы несущей частоты и псевдодалности для последующей обработки и решения задачи измерения параметров угловой пространственной ориентации КА. Собственно МПИ состоит из радиоприемного устройства, устройства цифровой обработки и специализированного вычислителя. Габаритные размеры МПИ - 140×55×18 мм, масса не более 150 г

- КОМ - контроллер обмена, реализованный также на основе трехканальной схемы резервирования, который обеспечивает контроль функционирования всего устройства и парирование возможных отказов,

- БКГ – блок кварцевых генераторов,

- БХВ – высоконадежный формирователь бортовой шкалы времени и синхросигналов, реализованный на основе трехканальной схемы резервирования с мажоритарным объединением каналов.

– БВУ – блок выносных усилителей, который формирует синхросигналы с заданными электрическими параметрами,

УВ – специализированное вычислительное устройство, обеспечивающее прием и обработку информации с ДКВ. В нем решаются задачи устранения многозначности, вычисления параметров ориентации антенных баз в орбитальной системе координат и контроля орбиты КА. УВ также обеспечивает связь БНВУ с БВС аппарата по мультиплексному каналу обмена (МКО).

Для обеспечения надежности функционирования аппаратуры при большом сроке эксплуатации при ее построении предусмотрены различные виды резервирования элементов, децентрализация вычислительных процедур, функционирование программного обеспечения под управлением 32-разрядной многозадачной операционной системы реального времени.

Программное обеспечение системы, реализованное в БВС аппарата, выполняет следующие функциональные задачи:

организация управления элементами системы;

– статистическая обработка методом динамической фильтрации на временном интервале до одного витка полета КА результатов дискретных навигационных определений, получаемых БНВУ;

– формирование контрольной информации о работе системы и информации о параметрах движения для последующей передачи в наземный комплекс управления.

Программное обеспечение системы использует программу прогнозирования параметров движения центра масс КА на заданном временном интервале. Полнота учета характеристик геопотенциала и плотности атмосферы в бортовой модели движения определяется требуемой точностью знания параметров движения в бортовом комплексе управления аппарата. Временная диаграмма работы системы по определению параметров движения приведена на рис. 3.

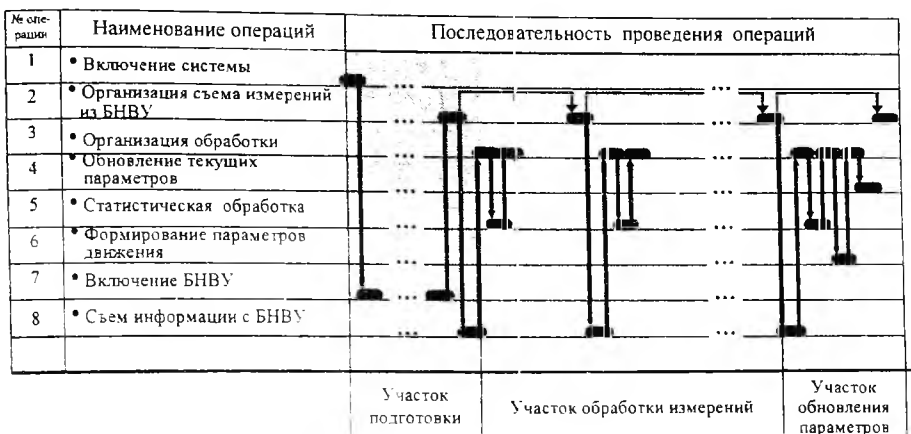


Рис. 3 Временная диаграмма работы системы навигации

Результаты моделирования точностных характеристик ССН для различных вариантов проведения измерений показывают, что статистическая обработка результатов навигационных определений, получаемых из БНВУ на интервале до одного витка полета КА, позволяет обеспечить прогноз параметров движения КА на интервале 1-1.5 витка с погрешностью до сотен метров по координатам и до десятков угловых минут по пространственному угловому положению аппарата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Под ред. Шебшаевича Б.В. - М.: Радио и связь, 1993.
2. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. Харисова В., Петрова А.И., Болдина В.А. - М: ИПРЖР, 1998
3. Шебшаевич Б.В., Тюляков А.Е., Дружин В.В., Федоров Д.Н., Чухиенков А.В., Антонов Ю.Г., Мантуров А.И., Огарков В.И. Интегрированная навигационная аппаратура для низкоорбитальных космических аппаратов зондирования Земли. Сб. докладов X Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. - СПб: 2003, с.69-76