

Д. Е. Чикрин, П. А. Кокунин
Казанский (Приволжский) федеральный университет

ПРЕЦИЗИОННАЯ СПУТНИКОВО-ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ И ОРИЕНТАЦИИ

Аннотация. Представлены результаты разработки прецизионной спутниково-инерциальной системы навигации и ориентации, опыт автоматизации транспортных средств различного назначения. Обоснованы технические требования к перспективным отечественным навигационным системам для автоматизации транспортных средств различного назначения. Описан опыт и результаты отечественных разработок в данной области.

Команда разработчиков Казанского федерального университета имеет значительный опыт в разработке систем автоматизации управления транспортных средств (ТС). В рамках ряда работ, выполняемых командой совместно с научно-техническим центром «ПАО КАМАЗ» были реализованы несколько проектов по автоматизации различных видов техники, таких как бортовой КАМАЗ (53083) и карьерный самосвал.

В результате работ:

- были созданы две платформы беспилотных ТС;
- разработаны уникальные архитектуры систем навигации, связи, сенсорики, вычислителей ADAS;
- проведены успешные испытания оборудованных транспортных средств;
- была сформирована объединённая рабочая группа численностью более 100 человек.

В процессе выполнения работ был применен подход, при котором сначала создавалась уменьшенная модель транспортного средства – малогабаритная платформа, на которой отрабатывались полученные технические решения и проводились макетные испытания. После отработки системы на малогабаритной платформе, оборудовалось полноразмерное транспортное средство и проводилась отработка и испытаний разработанной системы на реальном, полноразмерном транспортном средстве. Такой подход позволил обеспечить с одной стороны безопасность испытаний, с другой стороны позволил сократить время и расходы на разработку. Так стоимость разработки и изготовления малогабаритной платформы несоизмеримо ниже стоимости проведения

испытаний на полноразмерном транспортном средстве, которая включает аренду специализированного полигона, обеспечения безопасности при проведении, ГСМ, работу водителя-испытателя, расходы, связанные с обслуживанием полноразмерного транспортного средства.

На рис. 1 представлена малогабаритная платформа карьерного самосвала, на которой велась отработка системы автоматизированного управления транспортным средством.



Рис. 1 – Малогабаритная платформа

В ходе выполнения работы была разработана оригинальная архитектура системы автоматизированного управления, упрощенная схема, которой представлена на рис. 2.

Особое место в архитектуре системы автоматизированного управления ТС занимает подсистема навигации и ориентации «Созвездие». Данная подсистема также разрабатывалась командой Казанского федерального университета совместно со специалистами компании «Фарватер», г. Санкт-Петербург.

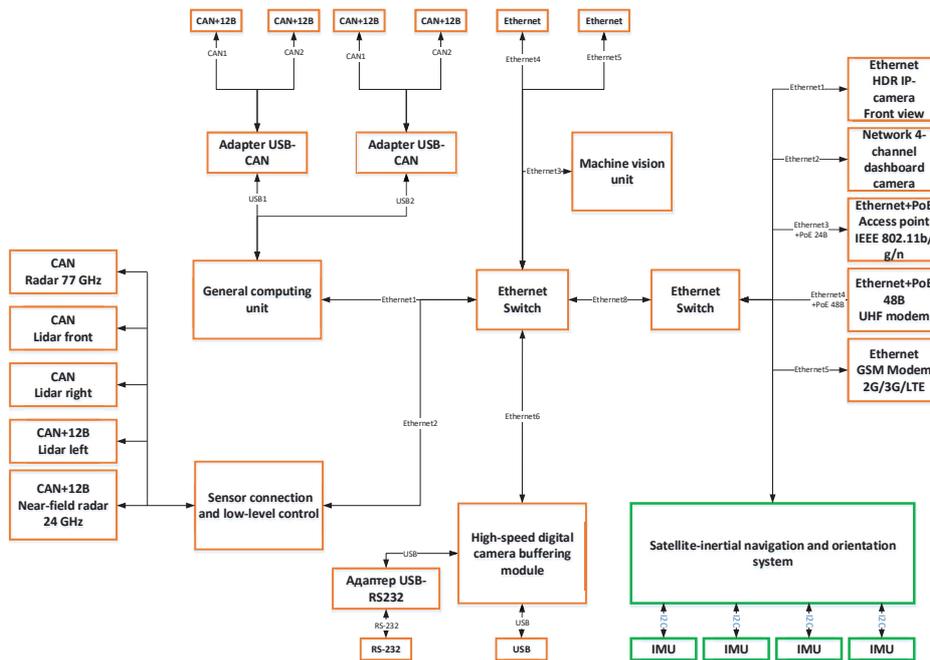


Рис. 2 – Архитектура системы автоматизированного управления ТС

При разработке системы «Созвездие» были сформулированы требования к системе навигации и ориентации с учетом возможности применения данной системы для автоматизации различных типов транспортных средств таких как грузовые автомобили разных типов, сельскохозяйственная техника и т.д.

Для решения поставленных задач, таких как движение по заданному маршруту, удержание в полосе, перестроение и различные режимы маневрирования, система навигации и ориентации должна обеспечивать высокую точность при формировании навигационных решений [1, 2]. Принимая во внимание габариты ТС (при рассмотрении грузовых ТС с шириной колесной базы не менее 2,5 м и длиной не менее 8 м), типовую ширину полосы движения (3 м), а также учитывая кинематику движения ТС, предъявлены соответствующие требования к точности выработки навигационных параметров в задачах управления беспилотными транспортными средствами (колоннами беспилотных транспортных средств), приведенные в Таблице 1. На требования точности позиционирования беспилотного ТС также влияют особенности системы управления ТС. При движении ТС в полосе шириной 3 м и с колесной базой не менее 2,5 м расстояние между бортом ТС и дорожной разметкой

составляет менее 0,5 м. Учитывая погрешности работы узлов и агрегатов системы управления ТС для обеспечения безопасного расстояния между ТС и другими объектами погрешность позиционирования ТС в горизонтальной плоскости должна составлять порядка 0,1 м. По высоте точность определения позиционирования существенно влияет на вычисление длины пути, который проходит ТС особенно в случаях существенного изменения высоты дорожного покрытия на пути следования.

Таблица 1 – Требования к точности выработки навигационных решений системой навигации и ориентации.

Погрешность определения координат, СКО, м: – план (горизонталь) – высота (вертикаль)	0,1 0,2
Погрешность определения составляющих вектора скорости, СКО, м/с: – план (горизонталь) – высота (вертикаль)	0,02 0,04
Погрешность определения составляющих вектора линейных ускорений, СКО, м/с ² : – план (горизонталь) – высота (вертикаль)	0,1 0,3
Погрешность определения составляющих векторов угловой скорости по всем углам Эйлера, СКО, град./с:	1
Погрешность определения угловой ориентации СКО, град.:	0,5

В разработанной системе «Созвездие» применяется подход формирования навигационных данных на основе обработки данных со спутниковой системы навигации и инерциальной системы навигации, что позволяет:

- повысить точность навигационных решений, за счет сглаживания шумовых погрешностей;
- автоматизировать восстановление целостности фазового сигнала;
- обеспечение навигационного решения при временном пропадании спутниковых сигналов;

- выработать угловые параметры с высокой точностью для компенсации неровностей поля и эффективного удержания объекта на траектории.

На рис. 3 представлена структура системы спутниково-инерциальной навигации «Созвездие».

В подсистеме Созвездие реализована технология комплексирования спутникового и инерциального навигационных контуров. Используются спутниковые технологии RTK (Real Time Kinematic) и PPP (Precise Point Positioning), что делает систему достаточно гибкой. Данные технологии позволяют получать высокую точность навигационных решений, при этом технология PPP в отличие от технологии RTK может функционировать не зависимо от сети базовых станций дифференциальных поправок.

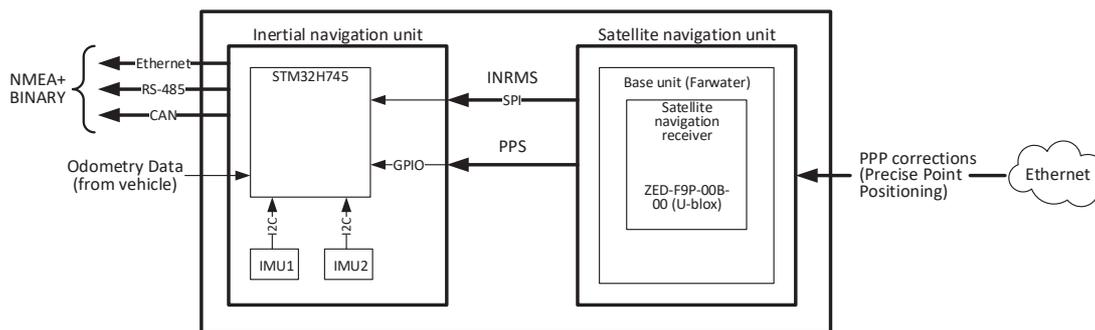


Рис. 3 - Структура системы спутниково-инерциальной навигации «Созвездие»



Рис. 4 – Внешний вид изделия «Созвездие»

В результате реализации ряда проектов разработана прецизионная спутниково-инерциальная система навигации, реализующая технологии RTK и PPP. Образец выполнен в виде моноблока транспортного

исполнения (рис. 4), прошел испытания, может применяться в решении задач автоматизации сельскохозяйственного транспорта.

Образец может использоваться в качестве автономного навигационного средства, осуществлять функции автоматического управления транспортным средством без аппаратной доработки или быть интегрирован в существующие и разрабатываемые системы автоматизированного управления ТС более высокого уровня.

Список использованных источников

1. Vivacqua R., Vassallo R., Martins F. A low cost sensors approach for accurate vehicle localization and autonomous driving application // Sensors. 2017. Vol. 17(10).

2. Nastro L. Position and orientation data requirements for precise autonomous vehicle navigation // Proceedings of the XXIst ISPRS Congress. 2008. Vol. XXXVII(1). P. 1237—1242.

УДК 528.7.066

А.К. Лабоха, А.Ю. Шамына

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

ПОСТРОЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ НА ОСНОВЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Аннотация. В работе пошагово рассмотрен процесс построения вегетационных индексов на основе аэрокосмических снимков. Анализируются задачи и проблемы, которые необходимо решать при обработке данных дистанционного зондирования.

A.K. Labokha, A.Y Shamyna.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

CONSTRUCTION OF VEGETATION INDICES BASED ON AEROSPACE IMAGES