

А. О. ТИМОФЕЕВА

О. В. УШАКОВА, канд. физ.-мат. наук, доц.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(Саратов, Россия)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Настоящая статья посвящена разработке блока спутниковой навигации, предназначенного для использования в системах мониторинга и диагностики технических объектов. Основная цель — создание компактного, высокоточного и надежного устройства, способного функционировать в реальных условиях эксплуатации, обеспечивая точное определение местоположения, контроль параметров и своевременное обнаружение неисправностей. В статье описывается архитектура блока, включающая мультислотный GNSS-модуль, микроконтроллер серии STM32F429, антенны и интерфейсы связи (UART, CAN, Ethernet), что обеспечивает точное позиционирование и интеграцию с внешними системами. Предложенное решение позволяет повысить эффективность технического обслуживания, ускорить обнаружение аварийных ситуаций и обеспечить безопасность эксплуатации оборудования за счет сбора и передачи данных

Ключевые слова: навигационный блок, ГНСС, инерциальные навигационные системы, мультислотные GNSS-модули, автоматизация, мониторинг технических объектов, робототехника, позиционирование, высокоточные навигационные системы, интеграция данных.

Современные системы мониторинга и диагностики технических объектов требуют высокоточных и надежных навигационных решений для своевременного обнаружения неисправностей и обеспечения безопасной эксплуатации. В условиях быстроразвивающихся технологий и усложнения инфраструктурных объектов необходимость в точном и стабильном определении положения объектов становится особенно актуальной. Особенно важным аспектом является возможность функционирования систем в сложных условиях эксплуатации, с высоким уровнем электромагнитных помех, а также в условиях плохой видимости [1-3].

В связи с этим, актуальной задачей является создание универсального навигационного блока, способного работать в разнообразных условиях, обеспечивая не только высокоточное позиционирование, но и сбор комплексных данных о состоянии объектов и окружающей среды. Такой блок должен обладать устойчивостью к внешним помехам, иметь расширяемый функционал для интеграции с различными датчиками и системами автоматизации, а также быть энергоэффективным и компактным для удобства монтажа и эксплуатации [4-6].

Основные направления применения блока включают:

– Точное позиционирование объектов и перемещений в реальном времени, что важно для контроля маршрутов и логистики.

- Диагностику вибраций, нагрузок и других параметров, связанных с неисправностями, позволяющую раннее выявление потенциальных проблем.
- Автоматическую регистрацию времени и места возникновения аварийных ситуаций, что важно для быстрого реагирования и последующего анализа.
- Контроль выполнения работ и соблюдения маршрутов, что способствует повышению эффективности использования техники и ресурсов.

Табл.1. Использование блока спутниковой навигации для систем мониторинга и диагностики технических объектов

Область применения	Примеры использования	Описание
Техническое обслуживание объектов	Автоматическая регистрация времени и места обслуживания оборудования	Фиксирует точное время проведения работ и их местоположения
Мониторинг перемещений и состояния	Отслеживание перемещений тяжелой техники или оборудования в реальном времени	Позволяет выявлять отклонения от допустимых маршрутов или позиций
Диагностика вибраций и нагрузок	Координатное отслеживание вибраций, связанных с неисправностями	Анализ перемещений и вибрационных характеристик для раннего выявления проблем
Обнаружение неисправностей	Автоматическая фиксация аварийных ситуаций и их координат	Ускоряет реагирование и локализацию аварийных ситуаций
Контроль выполнения работ	Проверка соответствия маршрутов и сроков выполнения задач	Обеспечивает контроль соблюдения графиков и маршрутов работы

Одной из задач проекта является разработка 3D-модели корпуса блока в программном комплексе SolidWorks. Эта модель должна учитывать все технические требования и обеспечить оптимальные условия эксплуатации устройства. Внешний корпус будет выполнен в виде универсальной компактной коробки, специально спроектированной для удобной установки навигационного модуля и микроконтроллера внутри. Такой дизайн предполагает использование прочных и легких материалов, что обеспечит долговечность и надежность конструкции. Корпус будет иметь оптимальные размеры для удобства монтажа и транспортировки, а также обеспечит легкий доступ к внутренним компонентам для сборки, обслуживания и ремонта [7].

Архитектура и состав блока навигации представлена на рис. 1:

- Спутниковый модуль (GNSS) – использование многочастотных приемников, таких как ATGM336H-5N, которые поддерживают сигналы GPS, GLONASS, GALILEO, BeiDou, QZSS и SBAS, обеспечивает высокую точность и надежность позиционирования.

- Микроконтроллер – выбор микроконтроллера серии STM32F429 обусловлен необходимостью обработки больших объемов данных и поддержкой интерфейсов UART, CAN и Ethernet для связи и интеграции.
- Антенна - специальная GNSS-антенна, совместимая с модулем ATGM336H-5N, обеспечивает качественный прием спутниковых сигналов.
- Источник питания - стабилизированный блок питания с понижением и стабилизацией напряжения (3.3V или 5V), что гарантирует надежную работу всех компонентов.
- Интерфейсы связи – UART необходим для обмена с навигационным модулем и периферией, CAN-для интеграции с промышленными и автомобильными системами, Ethernet-для высокоскоростной передачи данных в реальном времени.

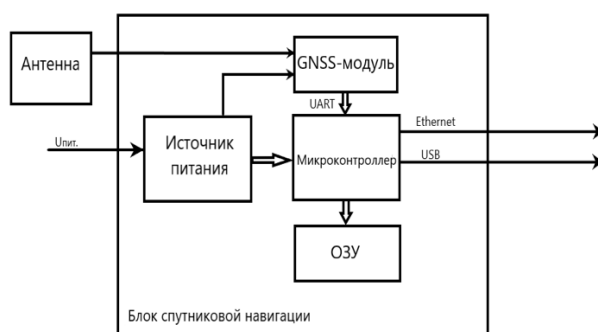


Рис. 1. Структурная схема блока спутниковой навигации [7]

Принцип работы блока основан на следующих этапах:

- Спутниковый модуль принимает навигационные сигналы от спутниковых систем (GPS, GLONASS, GALILEO, BeiDou) через специальную антенну. Эти сигналы содержат информацию о текущем положении, скорости и точном времени, которая передается на микроконтроллер.
- В микроконтроллере реализуются алгоритмы определения положения, основанные на многократном получении сигналов от нескольких спутников, что обеспечивает высокую точность и устойчивость позиционирования.
- Обработанные данные о координатах сохраняются во встроенной памяти блока для архивации и дальнейшего анализа. Кроме того, микроконтроллер обеспечивает передачу навигационной информации через интерфейсы связи – UART, CAN или Ethernet – что позволяет интегрировать устройство с системами мониторинга, диагностики и автоматизации.

Также реализована возможность расширения функциональности блока за счет поддержки дополнительных интерфейсов, внешних датчиков и модулей, например, датчиков вибрации, температуры или давления. Это делает устройство универсальным решением для различных отраслей промышленности и транспортных систем.

Благодаря модульной и гибкой архитектуре, устройство легко адаптируется под конкретные задачи, что повышает его универсальность и применимость в самых различных сценариях. В частности, оно может использоваться в автономных транспортных средствах, робототехнических

платформах, системах контроля инфраструктуры, а также в системах автоматического мониторинга промышленных объектов.

Разработанный навигационный блок представляет собой перспективное решение для повышения точности и надежности систем мониторинга и диагностики технических объектов. Интеграция мультимастотных GNSS-модулей с инерциальными системами, а также использование современных методов обработки данных позволяют значительно снизить влияние внешних помех и обеспечить высокоточное позиционирование в различных условиях эксплуатации. Компактный и универсальный дизайн корпуса обеспечивает удобство установки и эксплуатации, а широкие возможности подключения делают устройство универсальным инструментом для автоматизации процессов контроля и обслуживания.

Список литературы

1. Глотов, М.С. Основные направления развития бортовых информационно-управляющих систем перспективных транспортных средств специального назначения / М.С. Глотов, С.И. Князев, И.И. Корнев, К.Ю. Чекризов // Наука, образование и инновации в современном мире: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2018. – С. 225–229.

2. Чельшев, Л. С. Исследование методов решения логистических проблем в области отслеживания грузов. Разработка многофункционального сенсорного модуля со спутниковой навигацией (GPS/ГЛОНАСС) / Л. С. Чельшев, С. П. Тимошенко // Интеллектуальные системы и микросистемная техника: сборник трудов Научно-практической конференции, поселок Эльбрус, 01–07 февраля 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 2022. – С. 333–340.

3. Чебыкин, А. Г. Маршрут автоматизированного проектирования устройств формирования и обработки сигналов для спутниковых навигационных систем / А. Г. Чебыкин, А. С. Меркутов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2015. – Т. 20, № 2. – С. 145–153.

4. Многофункциональный сенсорный модуль повышенной защищенности со спутниковой навигацией / Л. С. Чельшев, С. П. Тимошенко, Н. И. Плис, В. О. Орлов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2024. – Т. 29, № 2. – С. 194–202.

5. Чебыкин А.Г., Меркутов А.С. Построение моделей для исследования методов обработки сигналов в мобильных приемниках системы ГЛОНАСС // Инновационные подходы к применению информационных технологий в профессиональной деятельности: сб. тр. 2-й Междунар. науч.-практ. интернетконф. Белгородского филиала НАЧОУ ВПО СГА / Под ред. Н.В. Сокольской. – Белгород: ГиК, 2010. – С. 415–516

6. Патент № 2713571 С1 Российская Федерация, МПК G01C 21/26, G01S 19/41. Система высокоточной дифференциальной коррекции для контроля подвижных объектов : № 2019108236: заявл. 22.03.2019; опубл. 05.02.2020 / А.Е. Тюлин, В.В. Бетанов, В.Е. Вовасов.

7. Тимофеева, А. О. Разработка блока спутниковой навигации для автоматизированных систем позиционирования / А. О. Тимофеева, О. В. Ушакова // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи: Материалы XXXIII Российской научно-техн. конф. Самара, 24–27 февраля 2026 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2026. – С. 251–252.

Контакты:

nastya.tim365@mail.ru (Тимофеева Анастасия Олеговна);

s_sov@rambler.ru (Ушакова Ольга Валерьевна).