

## ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Федоренчик А. Д., студент**

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук Семченков С. С.

**Аннотация.** Анализируются конструктивные решения информационных систем для маршрутных транспортных средств в контексте цифровизации пассажирских перевозок. Рассматривается архитектура бортовых систем и их защита по действующим стандартам. Уделено внимание интеграции в бортовую сеть 24В и соответствие строгим требованиям автомобилестроения.

В контексте глобальной урбанизации и развития концепции «Умный город» цифровая трансформация пассажирских перевозок приобретает особую актуальность [1]. Интеграция информационных систем (ИС) в маршрутные транспортные средства (МТС) является ключевым фактором для повышения безопасности, операционной эффективности и качества обслуживания. Однако при этом необходимо фокусироваться на конструктивных решениях, которые обеспечивают надежность, долговечность и интеграцию оборудования в сложной среде эксплуатации, соответствующей строгим стандартам автомобилестроения [2]. Центральным элементом ИС, как правило, является бортовой управляющий компьютер. Его надежность достигается за счет использования промышленных, герметичных корпусов. Любое конструктивное решение должно соответствовать высоким классам защиты IP65–IP66 для обеспечения полной пыленепроницаемости и защиты от воды. Корпус из алюминиевых сплавов также обеспечивает пассивное охлаждение, что критически важно для работы в широком температурном диапазоне от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Физическая прочность должна обеспечиваться соответствием корпуса и крепления классам IK07–IK10 (должны выдерживать удары, предотвращать механические повреждения). Виброустойчивость обеспечивается как монтажом на антивибрационных демпферах, так и использованием надежных промышленных компонентов, включая применение SSD-накопителей вместо HDD-дисков. Интеграция ИС в бортовую сеть транспортных средств требует специальных мер для преодоления проблемы нестабильности напряжения, характерной для подвижного состава МТС. Поэтому конструктивные решения должны строго соответствовать автомобильному стандарту ISO 16750. Для стабилизации питания каждый блок оснащается промышленным DC-DC преобразователем с широким диапазоном входного напряжения (9В–36В), который также обеспечивает гальваническую развязку и стабильное выходное напряжение. Для предотвращения потери данных и обеспечения корректного завершения работы при отключении внешнего питания, в оборудование ИС должен быть встроен источник питания (целесообразен на основе суперконденсаторов). Системы ИС, установленные в пассажирском салоне и на кузове МТС (видеонаблюдение, оплата проезда и т. д.) требуют соответствия стандартам физической защиты. Камеры должны быть антивандальными в купольном исполнении с классом защиты IK08–IK10, SSD-накопители и размещаются в закрытых отсеках, элементы системы оплаты проезда должны соответствовать классам IP54–IP65. ИС необходимо конструктивно оснащать интерфейсами для подключения к CAN-шине (Controller Area Network) транспортного средства. Эта интеграция с бортовой шиной данных, характерная для современного автомобилестроения, позволяет считывать информацию о состоянии МТС и интегрировать ее в ИС. Для безопасного подключения используются

защищенные CAN-контроллеры с электрической изоляцией. Строгие требования электромагнитной совместимости обязывают использовать металлические, экранированные корпуса для всех вычислительных блоков. Это необходимо, чтобы избежать взаимного влияния систем и не нарушать работу критически важных систем МТС. Средства информирования требуют высокого уровня конструктивной защиты для сохранения функциональности. Внешние LED-табло размещаются в герметичных корпусах IP67/IP68. Внутренние экраны защищены закаленным стеклом с высоким ИК-классом и обладают повышенной яркостью для читаемости при солнечном свете. Надежность системы критически зависит от качества соединений. Используются промышленные разъемы с фиксацией, исключающие самопроизвольное отключение под воздействием вибрации. Кабельная трасса прокладывается в защитных рукавах, предотвращая истирание и механические повреждения, при этом кабели питания и данных разделяются и экранируются для соблюдения требований электромагнитной совместимости. Также необходимо учитывать, что эксплуатационный цикл МТС характеризуется режимом высокой интенсивности и продолжительности в пределах суток. Функционирование в продолжительном режиме требует от электронных компонентов гарантированного соответствия расширенным параметрам. Постоянное воздействие температурных, импульсных и вибрационных нагрузок в течение всего рабочего дня, обуславливают необходимость применения промышленного исполнения всех вычислительных, коммуникационных и периферийных модулей. Это также критически важно для обеспечения целостности данных, собранных в течение длительного периода непрерывной работы [3]. В отечественном автомобилестроении в рамках цифровизации пассажирских перевозок активно применяются компоненты, разработанные в Беларуси, что подтверждает общие конструктивные принципы статьи. В частности, в качестве бортовых управляющих комплексов нашли применения устройства типа МТВ-128 и устройства типа МТВ-С7, представляющее собой центральный вычислительный блок, который выполняет функции сбора данных и управления периферическими устройствами. Конструктивно они выполнены в защищенном, безвентиляторном корпусе, соответствующем требованиям по вибро- и термостойкости для эксплуатации в транспортных условиях, а также имеют модули питания для работы в бортовой сети 24В. Также широкое применение нашли ИС производства белорусского предприятия ОАО «Интеграл» и минского электромеханического завода. Данные системы являются ключевым элементом в системе визуального и акустического информирования пассажиров. Их конструктивные решения также соответствуют жестким требованиям эксплуатации на подвижном составе МТС, для обмена данными используется интерфейс RS-485. Конструктивные решения ИС в МТС, основанные на стандартах IP, ИК и требованиях ISO 16750, являются залогом их надежности и долговечности. Интеграция в бортовую сеть 24В обеспечивают совместимость и стабильность работы. Успешная реализация этих инженерных подходов гарантирует повышение безопасности и эффективности пассажирских перевозок в цифровом будущем.

#### **Список использованных источников:**

1. Устойчивая городская мобильность: теория и практика развития : учебник / Лобашов А. О. [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 236 с.
2. Капский, Д. В. Цифровизация процессов предприятий маршрутного пассажирского транспорта при организации эксплуатационной работы секторальным методом / Д. В. Капский, С. С. Семченков, А. О. Лобашов // Реализация транспортной стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса : сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф. (26–27 апреля 2023 года). – М. : «Перо», 2023. – С. 39–43.