

2. Баргашевич, Л. В. Исследование питающей части пневмосистемы трактора класса 14 кН. Канд. дисс. – Минск, 1979.

3. Френкель, М. И. Поршневые компрессоры. – Л. : Машиностроение, 1969.

Представлено 1.04.2021

УДК 629.01

**КОНЦЕПЦИЯ, ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ
СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ
БЕСПИЛОТНОГО ТРАМВАЯ**

CONCEPT, TASKS, STRUCTURE AND ALGORITHMS OF THE
COLLISION PREVENTION SYSTEM OF AN UNMANNED TRAM

В. Д. Майстренко, инж., **Г. А. Таяновский**, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

V. Mystrenko, engineer,

G. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Выбрана концепция и изложены результаты изысканий в области разработки комплекса задач, структуры и алгоритмов системы предотвращения столкновения беспилотного трамвая.

The concept was chosen and the results of research in the field of developing a set of tasks, structure and algorithms of the unmanned tram collision prevention system were presented.

Ключевые слова: трамвай беспилотный, компоновка, безопасность, концепция.

Keywords: unmanned tram, layout, safety, concept.

ВВЕДЕНИЕ

Блочное-модульное построение современных беспилотных трамваев предполагает появление новых компоновочных схем машин, предназначенных для специфики конкретных сфер эксплуатации,

с учетом разработок прогрессивных высокоемких электроэнергонакопителей, что существенно повышает конкурентоспособность трамваев относительно других видов транспорта, за счет обеспечения их универсальности, возможности автономного хода в условиях развивающихся микрорайонов мегаполисов и на линиях пассажироперевозок скоростными трамваями между городами-спутниками.

В работе приведены результаты изысканий концепции, разработки комплекса задач, структуры и алгоритмов работы системы предотвращения столкновения беспилотного трамвая.

КОНЦЕПЦИЯ СЕМЕЙСТВА БЕСПИЛОТНЫХ ТРАМВАЕВ

Появление беспилотных трамваев обусловлено как успехами развития систем автоматического вождения и управления движением мобильных машин, так и возможностью заменить или оградить операторов машин от неправильных действий в условиях необходимости предотвращения столкновений с объектами, оказавшимися непредсказуемо на пути движения трамвая. Лидерами в СНГ по разработке систем автоматического вождения беспилотных мобильных машин являются компания Cognitive Technologies и ПК «Транспортные системы».

Применение беспилотных трамваев должно обеспечить снижение риска ошибочного поведения машины, существенно повысить безопасность движения и кардинально снизить человеческие и материальные потери от транспортных происшествий.

Выполнен анализ ведущихся в мире разработок беспилотных трамваев. Разработана классификация и комбинационная матрица структурно-компоновочных схем типоразмерного ряда и семейств модификаций применительно к потребностям Республики Беларусь с учетом экспортных перспектив и потенциала отечественного трамваестроения.

В качестве главных конструктивных принципов создания новых беспилотных трамваев приняты: принцип использования базовых звеньев трамваев и блочно-модульное построение каждого из целесообразных составов, в зависимости от назначения и сферы применения, на основе элементно-модульной базы, выпускаемой отечественной промышленностью. Чтобы предварительно оценить рассматриваемые варианты беспилотных трамвайных составов по важ-

нейшим свойствам, выполнены процедуры внешнего проектирования по выбору схем и определению рациональных параметров общей компоновки.

ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ТРАМВАЯ И РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

Принцип и условие безопасного движения беспилотного трамвая состоит в постоянном сканировании полосы движения с помощью комплекса высокочувствительных датчиков и своевременном реагировании на складывающуюся дорожную ситуацию.

Система предотвращения столкновений трамвая решает следующие основные группы задач:

- осуществляет поиск вероятных препятствий на безопасном удалении;

- отслеживает поведение препятствий и прогнозирует их траектории движения, время до возможного столкновения и расстояние принятия решения системой об изменении скорости движения трамвая;

- заранее снижает скорость движения, извещает пассажиров в салоне, людей и животных на пути движения, производит включение в работу необходимых контуров торможения.

Общая характеристика специфики мехатронной системы управления беспилотным трамваем состоит в следующем. При движении по маршруту беспилотный трамвай должен иметь машинное зрение, которое сканирует окружающую среду, регистрирует посторонние объекты на пути движения, сигналы светофоров и дорожные знаки, выявляет потенциальные угрозы безопасности и формирует с помощью бортового компьютера, использующего программные технологии искусственных нейронных сетей, управляющие команды и реакцию подсистем трамвая на полученную информацию, в соответствии с заранее определенными несколькими возможными алгоритмами управления трамваем в каждой из фактически складывающихся динамических ситуаций и выбирает наилучший.

Продолжение данной работы состоит в выделении и описании множества вариантов дорожной обстановки для разработки базовых алгоритмов реализации ситуационного управления трамваем.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для реализации ситуационного автоматического управления трамваем в части предотвращения столкновений он оборудуется соответствующим аппаратным комплексом, в состав которого входят помехозащищенные сенсоры или датчики с аналого-цифровыми выходами (лазерные радары-дальномеры; цветные РОЕ-видеокамеры кругового обзора высокого разрешения; цветные видеокамеры с узким угловым сектором или полосой обзора; высокоточные GPS-навигаторы (GNSS); радары, пригодные для работы в темное время суток, в мороз, снег, дождь, туман, град, яркий солнечный свет; акселерометры; датчики перемещений; гироскопические датчики и др.); компьютер визуального интерфейса с упомянутым специальным программным обеспечением; электронный блок управления (бортовой управляющий компьютер); CAN-шина связи в единый комплекс аппаратной части с ШИМ-каналами, световые и звуковые сигнальные устройства; источники стабилизированного напряжения для питания силовых цепей исполнительных элементов, взаимодействующих с органами управления и контроллерами в функциональных подсистемах трамвая. Количество сенсоров, устанавливаемых на беспилотный трамвай, должно обеспечивать надежное машинное зрение для оценки обстановки вокруг трамвая и при движении на закруглениях пути (для двухзвенного трамвая общее число сенсоров может составлять 10–20). Важное требование ко всему аппаратному обеспечению состоит в достижении высокого быстродействия всей системы и способности обеспечить безопасность даже при отключении электропитания трамвая.

Автоматическая система предотвращения столкновений с помощью сенсоров получает как входную динамическую случайную информацию о внешней обстановке, в которой находится трамвай в каждый момент времени, так и входную информацию о внутренней обстановке – динамическом состоянии трамвая как объекта управления. Одновременные мгновенные характеристики и параметры упомянутых обстановок в совокупности и характеризуют текущую ситуацию. Управляющее автоматическое устройство фиксирует и анализирует ситуацию, прогнозирует ее развитие или смену ситуаций на период времени, больший быстродействия срабатывания всей системы и формирует управляющие команды или сигналы, до-

статочные для гарантированного предотвращения столкновения трамвая и для безусловного обеспечения безопасности пассажиров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, очерчена концепция и изложены результаты изысканий в области разработки комплекса задач, структуры и алгоритмов работы системы предотвращения столкновения беспилотного трамвая на основе ситуационного автоматического управления.

Представлено 30.04.2021

УДК 629.114

К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ РАЗГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ ЧАСТИ

MATHEMATICAL MODEL OF THE FEEDING PART ELECTROPNEUMATIC BRAKE DRIVE

А. С. Поварехо, канд. техн. наук, доц.,

А. И. Рахлей, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,

A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В работе рассматриваются вопросы, связанные с определением параметров разгрузочного устройства регулятора давления пневматической системы. Для решения данной задачи составлена расчетная схема данного узла и разработана математическая модель, описывающая процессы его функционирования.

The paper considers the issues related to the determination of the parameters of the discharge device of the pressure regulator of the pneumatic system. To solve this problem, a calculation scheme of this node has been compiled and a mathematical model describing the processes of its functioning has been developed.