

**ДИНАМИКА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАМВАЯ С СИСТЕМОЙ  
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ**

**BRAKING DYNAMICS OF A TRAMS WITH COLLISION  
AVOIDANCE SYSTEM**

**Майстренко В. Д.**, магистрант,  
**Таяновский Г. А.**, канд. техн. наук, доц.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь  
V. Mystrenko, Master's Student,  
G. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Выполнен анализ задач динамики беспилотного трамвая до остановки без столкновения с объектом, для спектра возможных ситуаций в коридоре движения подвижного состава, очерчены критерии выбора лучшего динамического сценария торможения трамвая с автоматической системой предотвращения столкновения при ее срабатывании.*

*The analysis of the problem of the dynamics of an unmanned tram to a stop without a deviation with a deviation is carried out, for the deviation of the deviation in the range of movement of the rolling stock, the values of choosing the best dynamic braking scenario for the tram with the prevention of deviation when it is excited are outlined.*

*Ключевые слова: трамвай, система предотвращения столкновения, торможение.*

*Keywords: tram, collision avoidance system, braking.*

**ВВЕДЕНИЕ**

При создании беспилотных трамваев актуальной целью является надежное обеспечение безопасности его движения, в частности, исключение столкновения с объектами, оказавшимися на пути следования трамвая. Это может быть достигнуто путем разработки и оснащения подвижного состава автоматической системой распознавания таких объектов и гарантированного предотвращения столкновения с ними, за счет максимального использования тор-

мозных средств современного трамвая, при выборе оптимальной стратегии сближения и остановки [1, 2].

Важный аспект решения задачи, при поставленной цели, заключается в нахождении наиболее эффективного автоматического динамического управления тормозными возможностями трамвая в быстро изменяющейся обстановке на маршруте движения, с участием одного или нескольких посторонних объектов.

В статье выполнен анализ задач динамики беспилотного трамвая до остановки без столкновения с объектом, для спектра возможных ситуаций в коридоре движения подвижного состава, очерчены критерии выбора лучшего динамического сценария торможения.

### СПЕКТР ДОРОЖНЫХ ОБСТАНОВОК ПРИ СРАБАТЫВАНИИ ТОРМОЗОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

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 [1]. Одна из задач работы состоит в выделении и описании множества вариантов дорожной обстановки для разработки базовых алгоритмов реализации ситуационного управления трамваем. Несмотря на неповторимость нюансов ситуаций с попаданием объектов в зону возможного столкновения с трамваем, задача обеспечения наименьшего времени реакции автоматической системы на такой объект, выбора алгоритма затормаживания и его начала представляется наиболее актуальной. Следующая задача, решаемая такой системой, состоит в отслеживании динамики сближения трамвая и объекта, по ходу такой идентификации, и изменение управляющих воздействий на использующиеся средства торможения. Ключевым элементом здесь является характеристика-описание мгновенной обстановки-ситуации и надежность прогнозирования динамики ее изменения. В связи с этим необходимы формализованные программные алгоритмы реакции системы автоматического предотвращения столкновения на сближение трамвая с объектом. При этом целесообразно выделение набора существенных признаков обстановок-ситуаций и разбиение их на группы, для каждой из которых сценарии вариантов затормаживания трамвая отличаются. В качестве таких признаков выбраны: размер, количество объектов, траектория,

скорость относительного сближения, состояние рельс, влажность, температура среды, уклон и закругление пути, пассажирозаполненность трамвая, освещенность пути и трамвая, текущие состояния быстродействующих тормозов: электро-динамического тормоза, аварийного электро-динамического тормоза при отсутствии напряжения в контактной сети, дисковых или барабанно-колодочных тормозов, рельсовых тормозов.

### МОДЕЛИ ТРАМВАЯ, ДИАГРАММЫ СРАБАТЫВАНИЯ СРЕДСТВ ТОРМОЖЕНИЯ, ОБЩИЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ТОРМОЗНОЙ ПОТЕНЦИАЛ ТРАМВАЯ

В бортовой ЭВМ беспилотного трамвая реализованы математические модели процессов торможения в зависимости от его состояния и варианта ситуации-обстановки перед трамваем. Рассчитываются общий динамический тормозной потенциал трамвая, диаграммы торможения, запас пути и времени для гарантированного затормаживания трамвая, при ограничениях на ускорения и с учетом задержек времени срабатывания тормозов.

Из просчитанных прогнозов-сценариев выбирается лучший по критерию надежности гарантированного затормаживания без столкновения, и система автоматически приводит в действие средства торможения. Для работы система включает набор аппаратных средств и алгоритмов управления.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены отдельные аспекты динамики торможения беспилотного трамвая с автоматической системой предотвращения столкновения с объектами на пути следования подвижного состава. Эти результаты необходимы для повышения эффективности и быстродействия алгоритма отбора групп динамических состояний обстановок, которые необходимо анализировать при ситуационном управлении торможением, гарантирующем недопущение столкновения и безопасность пассажиров в трамвае.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко, В. Д. Концепция, задачи, структура и алгоритмы системы предотвращения столкновения беспилотного трамвая /

В. Д. Майстренко, Г. А. Таяновский // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Т. 1. – С. 241–245.

Представлено 10.05.2022

УДК 629.113.003.121

## **АНАЛИЗ РЫНКА ТРАКТОРОВ БЕЛАРУСИ: I/2022**

### **ANALYSIS OF THE TRACTOR MARKET IN BELARUS: I/2022**

**Феоктистова М. В., Шабeka В. Л.**, канд. экон. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

M. Feoktistova, U. Shabeka, Ph.D. in Economics, Associate Professor,  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

*Рассмотрен рынок тракторов Беларуси для целей оценочной деятельности. Выявлены основные тенденции, дана характеристика состояния по требованиям СТБ 52-й группы.*

*The tractor market of Belarus is considered for the purposes of valuation activities. The main tendencies are revealed, the one characteristics according of the National valuation standard are given.*

*Ключевые слова: первичный и вторичный рынки тракторов, тенденции на и состояния рынков, процедура оценки, оценка стоимости.*

*Keywords: primary and secondary market of tractors, market trends and one conditions, valuation procedure, property valuation.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

На данный момент на Земле проживает более 7,9 млрд. людей. Поскольку население нашей планеты и спрос на сельскохозяйственную продукцию ежедневно растут, человечество нуждается в самых совершенных многоцелевых сельскохозяйственных машинах – тракторах. Беларусь не исключение и поэтому тракторы в национальной экономике страны – среди самых распространённых объектов юридиче-