

УДК 629.114.2

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ  
КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОБУСА  
НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭРГОНОМИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ**  
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE  
OF CURVED ELECTRIC BUS DRIVING CONDITIONS  
ON ERGONOMICS AND SAFETY INDICATORS

**К.О. Кругленя**, магистр-инженер,  
**Г.А. Таяновский**, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь  
K. Kruglenya, Master of Engineering,  
G.A. Tayanousky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor  
Belarusian national technical University,  
Minsk, Belarus

*Рассмотрен аппаратно-методический комплекс проведения натурной оценки показателей криволинейного движения электробусов различных компоновочных схем.*

*The hardware-methodical complex of carrying out a full-scale assessment of indicators of curvilinear movement of electric buses of various layout schemes is considered.*

*Ключевые слова: электробус, компоновка, криволинейное движение, ходовая система.*

*Key words: electric bus, layout, curvilinear movement, running system.*

## ВВЕДЕНИЕ

Создание перспективных многозвенных электробусов большой вместимости (от 250 пассажиров) для структуры магистральных линий транспортного пассажирского сообщения между отдаленными на расстояния до 10–15 км частями конгломерата мегаполиса на участках, где из-за рельефа местности колеевый транспорт экономически пока не выгоден, а сеть автодорог уже существует, характеризуется необходимостью изысканий рациональных экономически, функциональных, комфортных и безопасных ходовых систем таких машин с запасом автономного хода. Наиболее объективные

данные об оценках упомянутых эксплуатационных и потребительских свойств дают натурные испытания новых машин.

В работе на основе анализа, накопленного на кафедре «Тракторы» БНТУ опыта дорожных испытаний и возможностей современной измерительно-регистрирующей техники сформирована структура аппаратно-методического комплекса для приемлемого по затратам средств проведения сравнительной натурной оценки показателей криволинейного движения электробусов различных компоновочных схем.

## РАССМАТРИВАЕМЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОБУСОВ

Проведенный анализ структурно-компоновочных схем ходовой системы многосвязных автобусов и существующих электробусов, а также патентов, относящихся к тематике работы, позволил разработать комбинационную многомерную матрицу структур трехзвенных электробусов, из которой путем предварительного анализа отобраны варианты, отличающиеся наибольшими преимуществами и наименьшей тяжестью устранимых недостатков: а) трехзвенный четырехосный с толкающе-тянущей средней секцией и подруливающими колесами задней, все колеса односкатные; б) трехзвенный пятиосный с передней секцией с управляемыми передними и также неприводными задними колесами, с толкающе-тянущей средней секцией, с балансирной колесной тележкой и электроуправлением частотой вращения ее колес по принципу бортового поворота и подруливающими неприводными колесами задней секции, все колеса односкатные; в) трехзвенный пятиосный с двухосной ведомой с передними управляемыми колесами первой секцией, с толкающе-тянущей средней двухосной секцией с электрогидроуправляемыми осями и с подруливающими колесами задней секции, все колеса односкатные.

## ЗАДАЧИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современные трехмерные акселерометры и датчики перемещений с передачей сигнала на ноутбук с помощью системы Wi-Fi применены для оценки параметров низкочастотных случайных колебаний в выбранных характерных точках закрепления быстросъемными фиксаторами на раме и в пассажирском салоне, в том числе на теле стоящих и размещающихся на сиденьях пассажиров.

Для фиксирования траектории криволинейного движения предложен новый авторский метод и использованы установленный на электробусе круговой маячок, на который автоматически, по направлению, с малой погрешностью, настраивается поворотный лазерный измеритель расстояния, установленный в выбранную точку на опорной поверхности, удобную для последующих вычислений углов Эйлера и полярных координат траекторий в привязке к начальной фиксации положения всех определяющих точек электробуса в плане.

Кроме того, беспроводные датчики углов поворота управляемых колес, осей и складывания секций, и автоматически включаемый хронометр отсчета времени от начала записи натурального опыта также входят в аппаратные компоненты испытательного комплекса.

Программная компонента аппаратно-методического комплекса натуральных исследований имеет иерархическую структуру и включает группы ПО: получения сигналов от датчиков и ввода в цифровом виде в переносную ПЭВМ; расчета положения характерных точек машины в плане в каждый момент времени; визуализации траекторий, скоростей и ускорений, кренов упомянутых точек на экранных диаграммах; спектрального анализа с использованием быстрого преобразования Фурье с окном Тьюки случайных вынужденных колебаний характерных точек машины и пассажиров и графического представления графиков спектральных плотностей, среднеквадратических ускорений в третьоктавных полосах частот колебаний; ПО имитационных моделей электробусов с выбранными структурно-компоновочными схемами ходовой системы.

Аппаратно-методический комплекс позволяет проводить натурные и симуляционные обширные исследования ряда важнейших эксплуатационных свойств создаваемых многозвенных электробусов по критериям маневренности, устойчивости, плавности хода и др., с целью выбора рациональных технических решений, отвечающих современным требованиям функциональности машины, конкурентоспособности и потребительских стандартов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбраны рациональные структурно-компоновочные схемы трехзвенного электробуса и описан аппаратно-методический комплекс

проведения натурной оценки показателей криволинейного движения электробусов различных компоновочных схем.

Представлено 30.04.2020

УДК 629.114

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСМИССИЙ  
СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ**  
TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TRANSMISSIONS  
OF MODERN WHEELED TRACTORS

**А.С. Поварехо**, канд. техн. наук, доц.,  
**А.И. Рахлей**, канд. техн. наук, доц., **С.Н. Андрукович**,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь  
A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,  
A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor, S. Andrukovich,  
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Технический уровень тракторов, эффективность их использования в значительной степени зависят от типа трансмиссии, числа передач, разницы в передаточных отношениях соседних передач, количества диапазонов, способа переключения передач, надежности и их стоимости.*

*В отличие от автомобильных тракторные трансмиссии должны обеспечивать не только хорошие динамические характеристики движения машины, но и выполнение большого числа технологических операций в широком диапазоне скоростей и тяговых усилий. Поэтому при создании новых тракторов необходимо корректно синтезировать структуру трансмиссии и выбрать ее рациональные конструктивные параметры, обеспечивающие высокую функциональность при низких затратах на изготовление и эксплуатацию.*

*The technical level of tractors and the efficiency of their use largely depend on the type of transmission, the number of gears, the difference in*