

УДК 621.33

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, РАСЧЕТ И ПОДБОР  
ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА МАРКИ  
СПАРК РАВОН R2E**

**COMPARATIVE ANALYSIS, CALCULATION AND SELECTION  
OF AN ENGINE FOR ELECTRIC TRANSPORT BRAND  
SPARK RAVON R2E**

**Мусабеков З. Э.**, канд. техн. наук, доц.,

**Даминов О. О.**, канд. техн. наук, доц.,

**Эргашев Б. З.**, докторант, **Уралова Х. З.**, докторант,  
Ташкентский государственный технический университет,  
г. Ташкент, Узбекистан

Z. Musabekov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

O. Daminov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

B. Ergashev, doctoral student, Kh. Uralova, doctoral student,  
Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

*В статье выбран для будущего электромобиля коллекторный электродвигатель постоянного тока, не требующий сложной системы управления, доступный для приобретения и применения для движения по городу.*

*Последнее время потребность в использовании электромобилей в городском транспорте возросла в связи с тем, что газ, выбрасываемый автомобилями с двигателем внутреннего сгорания, загрязняет воздух и увеличивает шум. Электромобили предназначены для использования в городе; ходовая часть, корпус облегчен, трансмиссия раздельная, аккумуляторы легко заменить.*

*Элементами позволяяют существенно повысить запас хода электромобиля, но, с другой стороны, топливо для них имеет высокую стоимость, а также может быть токсичным и при переработке в топливные элементы выделяют в атмосферу вредные вещества.*

*In the article, a DC commutator motor was chosen for the future electric vehicle, which does not require a complex control system, is available for purchase and use for city traffic.*

*Recently, the need for the use of electric vehicles in urban transport has increased due to the fact that the gas emitted by cars with an internal combustion engine poisons the air and increases noise. Electric vehicles are designed for urban use; undercarriage, the body is lightened, the transmission is separate, the batteries are easy to replace. Elements can significantly increase the range of an electric vehicle, but, on the other hand, fuel for them has a high cost, and can also be toxic and, when processed into fuel cells, emit harmful substances into the atmosphere.*

**Ключевые слова:** *электродвигатель, электромобиль, топливный элемент, тяговая характеристика, высокая экономичность.*

**Keywords:** *electric motor, electric vehicle, fuel cell, traction characteristic, high efficiency.*

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все чаще применяются электродвигатели, специально разработанные для электротранспорта. К ним предъявляются требования высокой экономичности с сохранением тяговых характеристик в широком диапазоне скоростей, способность выдерживать перегрузки и загрязнения, упрощенный способ обслуживания [1].

Используются трехфазные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором, управляемые контроллером путем изменения частоты. Они практически не требуют обслуживания. КПД таких электродвигателей сильно зависит от оборотов и может меняться от 82 до 97 % [2].

Эффективность электродвигателей постоянного тока увеличивается при замене статорной обмотки возбуждения на постоянные магниты.

Наибольшее распространение они получили после изобретения неодимовых магнитов. Применение постоянных магнитов в электродвигателях вызвало появление без коллекторных электродвигателей.

Постоянные магниты располагаются на роторе. Статор снабжается несколькими секциями обмотки. Это обычно три или четыре обмотки.

Чаще его применяют для размещения в колесе (мотор-колесо). При этом магниты располагаются на ободе, обмотки на неподвижной ступице.

Применяются чаще всего для скоростного транспорта, спортивных электромобилей, вращения тягового винта летательных аппаратов и снегоходов. КПД достигает величины 90 % и выше. В то время как коллекторные электродвигатели могут иметь КПД менее 80 %, а серийные асинхронные электродвигатели имеют максимум 87,5 % [3; 5].

Таким образом вентильные электродвигатели имеют две модификации: питаемые переменным током и постоянным током.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходя из поставленной задачи получить в результате проектирования максимально экономичный проект в плане реализации выбираем для будущего электромобиля коллекторный электродвигатель постоянного тока, не требующий сложной системы управления, доступный для приобретения и применения для движения по городу [4; 6].

Для расчета мощности электродвигателя зададимся исходными данными электромобиля: полная масса – 1000 кг, коэффициент трения качения по асфальту – 0,018, коэффициент обтекаемости кузова – 0,32, площадь лобового сопротивления – 1,8 м<sup>2</sup>, максимальная скорость движения 60 км/час. Требуемая мощность электродвигателя автомобиля:

$$N = g^x \cdot F_{\text{тр}}^x \cdot m^x \cdot V + C_x^x \cdot S^x \cdot V^2 + g^x \cdot m^x \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$F_{\text{тр}}$  – трение качения по асфальту;

$m$  – полная масса транспортного средства;

$V$  – скорость движения, максимальная;

$C_x$  – коэффициент обтекаемости, мидель;

$S$  – лобовая площадь кузова;

$\alpha$  – угол наклона дорожного полотна.

Применив указанную формулу, имеем:

$$N = 9,8^x \cdot 0,018^x \cdot 1000^x \cdot 16,6 + 0,32^x \cdot 1,8^x \cdot 16,6^2 + 9,8^x \cdot 1000^x \cdot \sin 15^\circ = 2928,24 + 158,72 + 2548 = 5634,96 \text{ Вт}$$

Для движения электромобиля по асфальту со скоростью до 60 км/час и допустимых подъемах 15 % дорожного полотна необходима мощность на колесах 5,7 кВт [7].

Технические характеристики Chevrolet Spark и Spark Ravon R2E приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики автомобилей

Chevrolet Spark		Spark Ravon R2E	
			
Двигатель	1.0 АТ	Электромотор	Синхронный с постоянными магнитами
Рабочий объем	995 см <sup>3</sup>		
Номинальная мощность	68 л.с./ 50 кВт при 6400 об/мин	Макс. мощность	47 кВт (64 л.с.) при 3000–6000 об/мин
Крутящий момент	89Нм/4800 об/мин	180 Н·м (18,4 кгс·м)/0–2000 об/мин	
Максимальная скорость, км/ч	143	135	
Разгон 0–100 км/ч (сек.)	17,5	10	
Расход топлива: смешанный цикл	6,3	Запас хода на одном заряде 150 км	
Выброс CO <sub>2</sub>	149	Выброс парниковых газов, 0 г/км	
Уровень выброса/ Соответствие экологическим нормам	Экологический класс 4	Аккумуляторная батарея	Литиево-ионная
		Номинальная емкость	16 кВт·ч
		Номинальное напряжение	330В

Размеры		
Длина	3640 мм	3640 мм
Ширина	1597 мм	1597 мм
Высота	1522 мм	1522 мм
Колесная база	2375 мм	2375 мм
масса	1200 кг.	1000

Необходимо учесть КПД узлов электромобиля. КПД двигателя – 0,8, КПД редуктора главной передачи – 0,9, КПД контроллера с потерями на проводах и контакте – 0,9.

Итоговый КПД кинематики электромобиля имеем:

$$\text{КПД} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,65.$$

Реальная необходимая мощность электродвигателя

$$N_3 = 3586,96 / 0,65 = 8669,16 \text{ Вт}.$$

Выбираем электродвигатель с мощностью не менее 8,7 кВт. Из предлагаемых изготовителями электродвигателей и доступных на российском рынке наиболее лучше подходит электродвигатель компании Балканкар ЕС 10/7.5/28 мощностью 10 кВт.

Значительно увеличивается масса трансмиссии за счет применения коробки передач, дифференциала моста и других деталей. Расширяет диапазон выбора электродвигателей.

К особенностям электромобиля Spark Ravon R2E можно отнести:

- высокий кпд электродвигателя (90–95 % по сравнению с 22–42 % у ДВС);
- возможность подзарядки аккумуляторов во время рекуперативного торможения и при движении вниз по склону;
- отсутствие вредных выбросов в атмосферу;
- низкий уровень шума за счет меньшего количества подвижных частей и механических передач;
- простота конструкции (простота электродвигателя и трансмиссии), большой межсервисный пробег;
- высокая плавность хода, высокий крутящий момент;
- возможность подзарядки от бытовой электрической сети.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате получено максимально экономичный электро-транспорт. Выбран для будущего электромобиля коллекторный электродвигатель постоянного тока, не требующий сложной системы управления, доступный для приобретения и применения для движения по городу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Машенский, А. С. Солонский. – М. : Агропромиздат, 1986. – 383 с.
2. Щетина, В. А. Электромобиль: техника и экономика / В. А. Щетина, Ю. Я. Морговский, В. А. Богомазов; под общ. ред. В. А. Щетины. – Л. : Машиностроение, 1987. – 253 с.
3. Трантер, А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей / А. Трантер. – СПб. : Наука, 2001. – 283 с.
4. Musabekov, Z. Differential equations for calculating gas exchange in an internal combustion engine / Z. Musabekov, J. Khakimov, B. Ergashev // Web Conf. International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CON-MECHYDRO – 2021). – 2021. P. 1–7.
5. Tulaev, B. R. Application of supercharged to internal combustion engines and increase efficiency in achieving high environmental standards / B. R. Tulaev // “1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021)”. – Tashkent, 2021.
6. Ergashev, B. “Experimental study on the presence of cadmium in the atmospheric air and other elements of the ecosystem of Tashkent” / B. Ergashev. – Tashkent.
7. Khakimov, J. Developing a Comfortable and Easily Control R&E Ravon Hybrid Vehicle / J. Khakimov, Z. E. Musabekov, R. I. Mirzajonov. – № 10. – 2021.

Представлено 22.05.2023