

EDN: NIRXMG

УДК 62-835

Н. И. МОИСЕЕВ, Д. В. ПОПОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

ВЫБОР КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Аннотация. Выбор рациональной компоновочной схемы трансмиссии транспортного средства требует детального анализа возможных вариантов ее компонентов с учетом влияния на эксплуатационные свойства автомобиля. В работе разработана методика расчета и выбора рациональных параметров трансмиссии электромобиля, отличающаяся моделированием движения в городском цикле с учетом особенностей работы электродвигателя и процесса разряда батареи. В качестве исходного ездового цикла выбран Европейский ездовой цикл NEDC (New European Driving Cycle). При выборе рациональных параметров в качестве критерия оптимизации принят запас хода электромобиля. С целью увеличения запаса хода были рассмотрены компоновочные схемы автомобиля с ступенчатой и бесступенчатой трансмиссиями. В условиях ездового цикла механическая трансмиссия обеспечивает большее увеличение запаса хода электромобиля.

Ключевые слова: электромобиль, трансмиссия, энергия, запас хода, компоновочная схема.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Решение проблемы загрязнения окружающей среды автотранспортом.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Полученные результаты позволяют дополнить положения теории автомобиля в отношении расчета и проектирования электромобилей и в дальнейшем применить полученные результаты с целью совершенствования конструкции агрегатов подобного типа, а также для согласования параметров системы электродвигатель трансмиссия.

ЦЕЛИ

На основе технических характеристик и теоретико-экспериментальных исследований разработать методику выбора рациональных конструктивных параметров трансмиссии электромобиля с целью увеличения запаса хода.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом экологическая ситуация ухудшается за счет стремительного роста количества автомобилей и, соответственно, пробок. К проблеме загрязнения окружающей среды добавляется проблема истощения нефтяных запасов и, как следствие, повышение цен на топливо. Все это заставляет ученых, конструкторов и инженеров искать нетрадиционные способы решения проблемы. Единственный рациональный выход – создание экологически чистого городского транспорта [1].

Согласно данным Мирового энергетического агентства, число электромобилей, находившихся в эксплуатации, в конце 2020 г. достигло 7 миллионов (рисунок 1). В настоящее время наибольшая их доля в общем количестве используемых машин наблюдается в Норвегии, Голландии, США, Великобритании, Японии и Китае [2, 3].



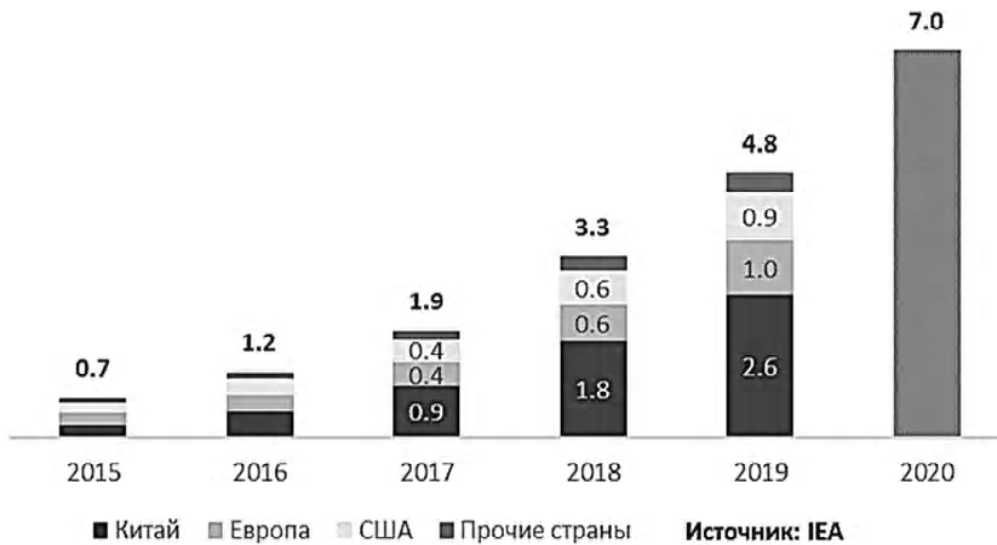


Рисунок 1 – Количество используемых электромобилей в мире (2015–2020 гг.), млн [3].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Выбор рациональной компоновочной схемы требует детального анализа возможных вариантов, учитывая влияние на эксплуатационные свойства автомобиля. Компоновочное решение автомобиля подразумевает пространственное расположение узлов и агрегатов. Разрабатывая перспективный городской электромобиль, следует рассматривать разные компоновочные схемы [4].

Внедрение ступенчатой (рисунок 2) или бесступенчатой трансмиссии (рисунок 3) в конструкцию дает возможность снизить расход энергии затрачиваемой силовой установкой при движении электромобиля в условиях городской эксплуатации при частых ускорениях и замедлениях [5, 6].

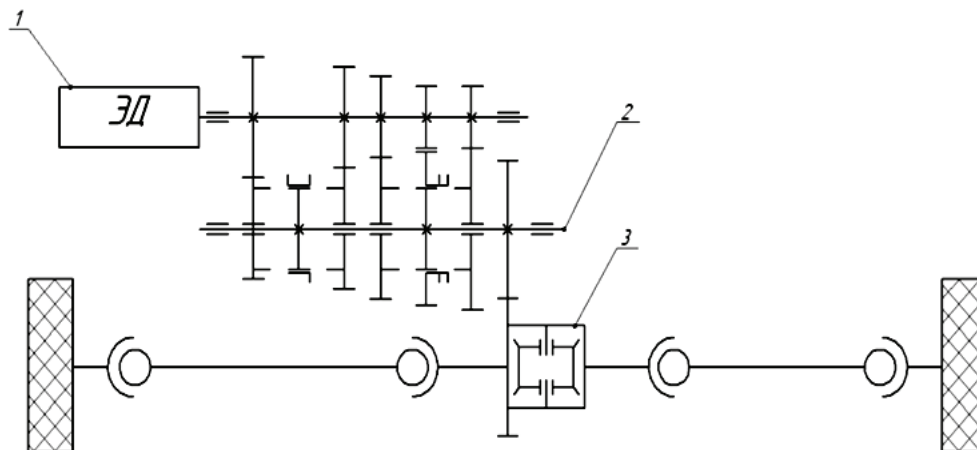


Рисунок 2 – Ступенчатая механическая КПП: 1 – электродвигатель; 2 – коробка переключения передач; 3 – дифференциал [5, 6].

В качестве исходного ездового цикла выбран Европейский ездовой цикл NEDC (New European Driving Cycle), в силе с 1 января 2000 года. Цикл состоит из двух частей. Первые 4 км тестовый автомобиль «проезжает» за 780 с, имитируя городской режим движения (UDC, Urban Driving Cycle). За это время он успевает остановиться и тронуться 12 раз, набирая скорость не выше 50 км/ч. Загородный 7-километровый отрезок занимает 400 с (EUDC, Extra Urban Driving Cycle), а стрелка спидометра доходит до отметки 120. В итоге средняя скорость за 11 км «пути» составляет 33,6 км/ч. Режимы Европейского городского ездового цикла приведены на рисунке 4.

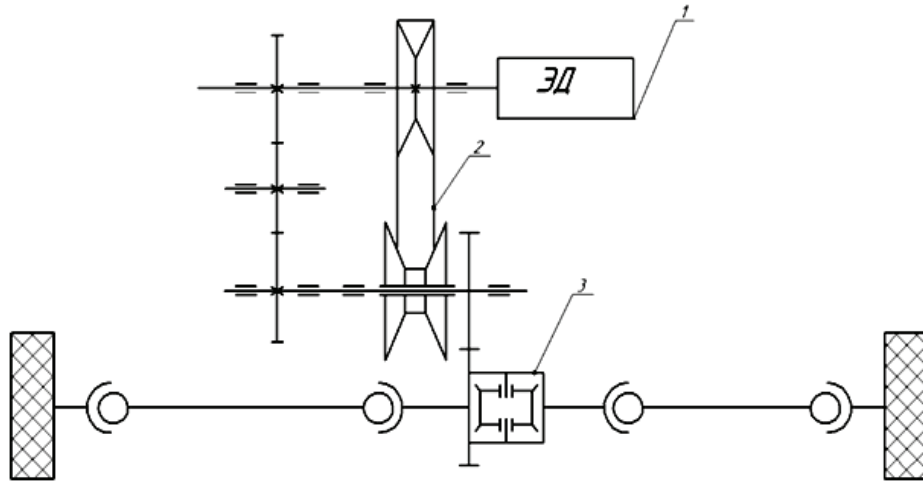


Рисунок 3 – Бесступенчатая трансмиссия (вариатор): 1 – электродвигатель; 2 – вариатор; 3 – дифференциал [5, 6].

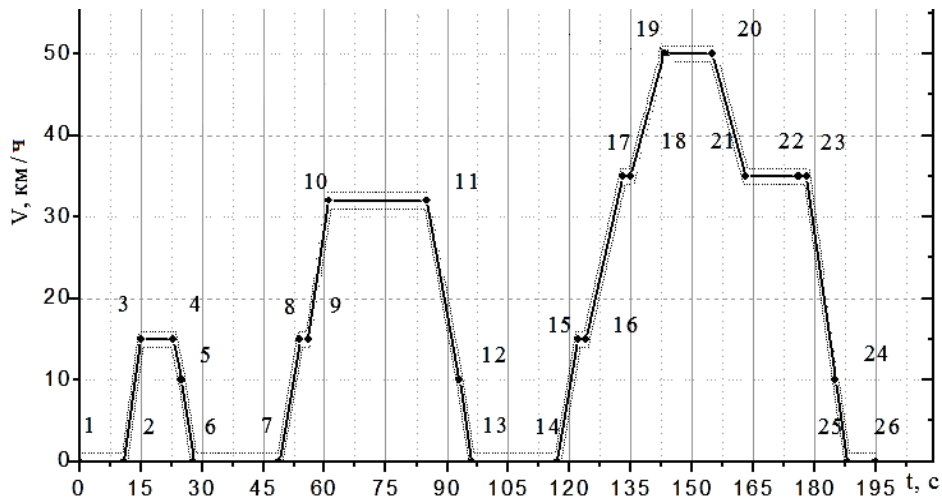


Рисунок 4 – Фрагмент элементарного Европейского городского ездового цикла движения, регламентированного ГОСТ Р 41.101-99 [7, 8].

Рассмотрим основные расчеты применения бесступенчатой трансмиссии в ездовом цикле NEDC. Энергия, необходимая на ездовой цикл:

$$A_{q, \text{var}} = h_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{var}}(a_{910}) + P_{\text{var}}(b_{910})}{2} + \sum_{i=1}^{n_{910}-1} P_{\text{var}}(a_{910} + i \cdot h_1) \right) = 4,723 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{цикл}} \quad (1)$$

Рассчитаем запас хода в условиях ездового цикла для АТС с бесступенчатой трансмиссией:

$$S_{1, \text{var}} = \frac{A_6 \cdot D_{\text{nedc}}}{A_{q, \text{var}}} = 2,061 \cdot 10^5 \text{ м}. \quad (2)$$

$$\frac{S_{1, \text{var}}}{1000} = 206,12 \text{ км}. \quad (3)$$

Расчет коэффициента эффективности:

$$\frac{S_{1, \text{var}}}{S_1} = 1,111. \quad (4)$$

Применение бесступенчатой трансмиссии позволяет увеличить запас хода на 11,1 %.
А теперь рассмотрим основные расчеты применения ступенчатой механической трансмиссии.

Применяемые параметры:

- $U_b = 0,3$ – высшее передаточное число,
- $U_n = 2,2$ – низшее передаточное число,
- $n_m = 5$ – количество передач.

Расчет передаточных чисел промежуточных передач выбранного ряда:

$$U_2 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (2 - 1) + n_m - 2} = 0,852. \quad (5)$$

$$U_3 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (3 - 1) + n_m - 3} = 0,528. \quad (6)$$

$$U_4 = \frac{U_n \cdot (n_m - 1)}{\frac{U_n}{U_b} \cdot (4 - 1) + n_m - 4} = 0,383. \quad (7)$$

Аналогично, для интегрирования применяем численный метод – метод трапеции.

$$A_4s = h_1 \cdot \left(\frac{P_s(a_{910}) + P_s(b_{910})}{2} + \sum_{i=1}^{n_{910}-1} P_s(a_{910} + i \cdot h_1) \right) = 4,698 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{цикл}}. \quad (8)$$

Рассчитаем запас хода в условиях ездового цикла для АТС со ступенчатой трансмиссией:

$$S_{1s} = \frac{A_6 \cdot Dnedc}{A_4s} = 2,072 \cdot 10^5 \text{ м}. \quad (9)$$

$$\frac{S_{1s}}{1000} = 207,238 \text{ км}. \quad (10)$$

Расчет коэффициента эффективности:

$$\frac{S_{1s}}{S_1} = 1,117. \quad (11)$$

Применение ступенчатой трансмиссии позволяет увеличить запас хода на 11,7 %

ВЫВОДЫ

1. Определены оптимальные значения передаточных чисел в ступенчатой трансмиссии: $U_1 = 2,2$; $U_2 = 0,852$; $U_3 = 0,528$; $U_4 = 0,383$; $U_5 = 0,3$.
2. Определены оптимальные значения передаточных чисел в бесступенчатой трансмиссии.
3. Предлагаемая методика позволила определить, что ступенчатая трансмиссия дает увеличение запаса хода на 11,7 %, а бесступенчатая – на 11,1 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гид по электромобилям: ответы на все ваши вопросы. – Текст : электронный // HEVCars – информационный портал об электрических и гибридных автомобилях в Украине и мире : [сайт]. – 2023. – URL: <https://hevCars.com.ua/electric-car-guide> (дата обращения 10.04.2023).
2. Shaikh, Samreen N. Vehicle to Vehicle Communication System for Smart Cities / Samreen N. Shaikh, Dr. S. R. Patil. – Текст : непосредственный // International Journal of Advanced Engineering, Management and Science. – 2016. – Volume 2, issue 9. – P. 1574–1578. – ISSN 2454-1311.
3. Рынок электрокаров в цифрах и в последних сделках. – Текст : электронный // vc.ru : [сайт]. – 2021. – URL: <https://vc.ru/transport/199864-rynok-elektrokarov-v-cifrah-i-v-poslednih-sdelkah> (дата обращения 12.04.2023).

4. Liu, C. Electric Vehicle Transmission Parameters / C. Liu, K. T. Chau, J. Z. Jiang. – Текст : непосредственный // Proceedings of IEEE Vehicle Power and Propulsion Convergence. – 2019. – Harbin China, Paper No. H08368. – P. 1–6.
5. Garcia-Valle, R. Letter to the Editor: Electric Vehicle Demand Model for Load Flow Studies / R. Garcia-Valle, J. Vlachogiannis. – Текст : непосредственный // Electric Power Components And Systems. – 2018. – Volume 37, issue 5. – P. 577–582. – DOI: 10.1080/15325000802599411.
6. Смирнов, О. П. Тенденция создания экологически чистого транспортного средства / О. П. Смирнов. – Текст : непосредственный // Автомобильный транспорт : сборник научных трудов, Харьков, 2005. – Выпуск 17. – Харьков : РИО ХНАДУ. – 2005. – С. 103–105.
7. Blog: Tesla Europe. – Текст : электронный // tesla.com : [сайт]. – 2018. – URL: https://www.tesla.com/en_EU/blog/induction-versus (дата обращения 11.04.2023).
8. ГОСТ Р 41.101-99. Единые предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов двуокиси углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категорий M1 и N1, оборудованных электроприводом в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса ход : государственный стандарт Российской Федерации : издания официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстанарта России от 26 мая 1999 года № 184 : введен впервые : дата введения 1999-26-05. – Москва : Издательство стандартов, 2000. – 41 с. – Текст : непосредственный.

Получена 03.04.2023

Принята 23.05.2023

Н. І. МОІСЕЄВ, Д. В. ПОПОВ
ВИБІР КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Вибір раціональної компоувальної схеми трансмісії транспортного засобу вимагає детального аналізу можливих варіантів її компонентів з урахуванням впливу на експлуатаційні властивості автомобіля. У роботі розроблена методика розрахунку і вибору раціональних параметрів трансмісії електромобіля, що відрізняється моделюванням руху в міському циклі з урахуванням особливостей роботи електродвигуна і процесу розряду батареї. В якості вихідного їздового циклу обраний Європейський їздовий цикл NEDC (New European Driving Cycle). При виборі раціональних параметрів в якості критерію оптимізації прийнятий запас ходу електромобіля. З метою збільшення запасу ходу були розглянуті компоувальні схеми автомобіля зі ступінчастою і безступінчастою трансмісіями. В умовах їздового циклу механічна трансмісія забезпечує більше збільшення запасу ходу електромобіля.

Ключові слова: електромобіль, трансмісія, енергія, запас ходу, схема компоування.

NIKITA MOISEEV, DMITRY POPOV
SELECTION OF THE LAYOUT DIAGRAM OF THE ELECTRIC VEHICLE
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. The choice of a rational layout scheme of the vehicle transmission requires a detailed analysis of the possible options for its components, taking into account the impact on the operational properties of the vehicle. The paper develops a method for calculating and selecting rational parameters of an electric vehicle transmission, characterized by modeling traffic in the urban cycle, taking into account the characteristics of the electric motor and the battery discharge process. The European driving Cycle NEDC (New European Driving Cycle) is selected as the initial driving cycle. When choosing rational parameters, the power reserve of an electric vehicle is used as an optimization criterion. In order to increase the power reserve, the layout schemes of the car with stepped and continuously variable transmissions were considered. In the conditions of the driving cycle, the mechanical transmission provides a greater increase in the power reserve of the electric vehicle.

Keywords: electric car, transmission, energy, power reserve, layout diagram.

Моисеев Никита Игоревич – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: повышение топливной экономичности и экологичности транспортных средств в условиях эксплуатации.

Попов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, декан механического факультета ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: повышение топливной экономичности и экологичности транспортных средств в условиях эксплуатации.

Моисеев Микита Ігорович – магістрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: підвищення паливної економічності та екологічності транспортних засобів в умовах експлуатації.

Попов Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, декан механічного факультету ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: підвищення паливної економічності та екологічності транспортних засобів в умовах експлуатації.

Moiseev Nikita – master's student, Motor Transport, Service and Operation Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: improving the fuel efficiency and environmental friendliness of vehicles under operating conditions.

Popov Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Mechanics, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: improving the fuel efficiency and environmental friendliness of vehicles under operating conditions.