

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ АВТОПОЕЗДОВ

*Поляков П.А.<sup>1,2</sup>, Задаянчук Н.А.<sup>3</sup>, Гончарова Н.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону;*

<sup>2</sup>*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар;*

<sup>3</sup>*Кубанский государственный университет, Краснодар;*

**Ключевые слова:** автопоезд, полуприцеп, мотор-колесо, динамический фактор, мощность, крутящий момент, электропривод.

**Аннотация.** Проанализированы концепции автомобилей-тягачей на электрической тяге. Выполнен литературный обзор вариантов электромеханических и электрических трансмиссий и работ, посвященных разработкам в области электромеханических трансмиссий широко применяемых на легковых автомобилях, в отличие от коммерческого транспорта. В статье предлагается разработанную конструкцию «мотор-колеса», применяемую в электрических трансмиссиях легковых автомобилей, распространить на применение в автопоездах на всех колесах автомобиля-тягача и полуприцепа (прицепа). В работе представлено сравнение тягово-скоростных свойств автопоезда с дизельной силовой установкой и механической трансмиссией с автопоездом с электрической трансмиссией на всех колесах автопоезда. Полученные значения пиковой избыточной мощности автопоезда с мотор-колесом больше аналогичной избыточной мощности автопоезда с дизельным двигателем на высшей передаче на 12,1%. Максимальные значения динамического фактора и ускорения автопоезда с электрическим приводом на все колеса выше аналогичных параметров дизельного автопоезда на высшей передаче на 35,1 и на 92,4%, соответственно. В целом применение электрических трансмиссий для увеличения тягово-скоростных свойств автопоездов считается оправданным.

## IMPROVEMENT OF TRACTION AND SPEED PROPERTIES ROAD TRAINS

*Polyakov P.A.<sup>1,2</sup>, Zadayanchuk N.A.<sup>3</sup>, Goncharova N.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don;*

<sup>2</sup>*Kuban State Technological University, Krasnodar;*

<sup>3</sup>*Kuban State University, Krasnodar*

**Keywords:** road train, semi-trailer, motor-wheel, dynamic factor, power, torque, electric drive.

**Abstract.** The concepts of electric traction vehicles are analyzed. A literary review of variants of electromechanical and electric transmissions and works devoted to developments in the field of electromechanical transmissions widely used in passenger cars, as opposed to commercial vehicles, is carried out. The article proposes to extend the developed "motor-wheel" design used in electric transmissions of passenger cars to the use in road trains on all wheels of a tractor-trailer and semi-trailer (trailer). The paper presents a comparison of the traction and speed properties of a road train with a diesel power plant and a mechanical transmission with a road train with an electric transmission on all wheels of the road train. The obtained values of the peak excess power of a motor-wheel road train are 12.1% higher than the similar excess power of a diesel-powered road train in high gear. The maximum values of the dynamic factor and acceleration of a road train with electric drive on all wheels are higher than similar parameters of a diesel road train in high gear by 35.1 and 92.4%, respectively. In general, the use of electric transmissions to increase the traction and speed properties of road trains is considered justified.

Основными развитиями грузовой автомобильной техники является переход от дизельных двигателей внутреннего сгорания на двигатели с альтернативными источниками энергии. Это обусловлено экологичностью и экономичностью автомобилей на электротяге, хотя имеются недостатки, связанные со стоимостью и сложностью переустройства работы автомобилей, работающих от электротяги.

Концептуально перспективные автопоезда могут иметь несколько направлений: работающие на электроэнергии, вырабатываемой от электрического генератора, соединенного с ДВС (рис. 1,а); работающие от контактной сети (рис. 1,б); работающие от электрогенератора, связанного с газовой турбиной (рис. 1,в).

Классической называется схема, в которой генератор вырабатывает электрическую энергию при вращении от дизельной установки и запасает электрическую энергию на

электрических батареях, размещенных на раме автопоезда. Прототипы тягачей с классической схемой появились у множества автопроизводителей зарубежного производства: DAF, Iveco, Toyota, Scania. Компания Siemens разрабатывают прототипы, способные подзаряжаться от контактной сети без работы различных силовых установок, работающих на жидких видах топлива. Преимуществом применения такого электропривода автопоездов является отсутствие тяжелой установки для выработки крутящего момента автомобиля-тягача. К недостаткам можно отнести ограниченность перемещения автомобиля по территории. Последним направлением является преобразования энергии сжигания водорода в электрическую энергию, вырабатываемую электрогенератором. Первым прототипом грузовых автомобилей является автомобиль-тягач компании Nikola One. Преимуществом данной системы является отказ от выбросов CO и CO<sub>2</sub> в атмосферу, а также отказ от контактной инфраструктуры для работы электропривода. К недостаткам необходимо отнести стоимость газовой турбины и сопутствующих систем хранения и транспортировки сжиженного водорода к газовой турбине. Однако основным недостатком является безопасность участников транспортного процесса.

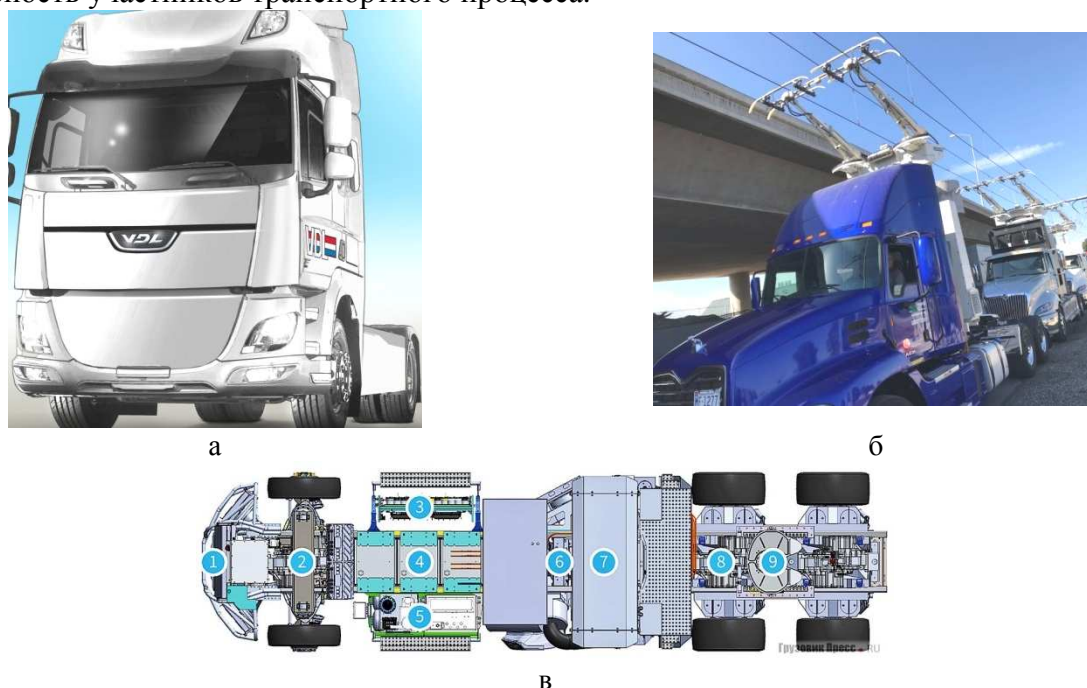


Рис. 1. Прототипы автомобилей-тягачей с электроприводом: а – с классической схемой; б – с работой от контактной сети; в – с газовой водородной турбиной: 1 – система охлаждения; 2 – привод электродвигателя и рулевого управления; 3 – высоковольтный на 800 В и электронный блоки; 4 – Li-Ion аккумуляторные батареи; 5 – чиллер на 800 В с воздушными ресиверами тормозной системы и теплообменником для охлаждения батарей водой; 6 – топливные элементы на 300 кВт; 7 – водородный аккумулятор и двигатель; 8 – задний мост с электродвигателем и индивидуальной подвеской колёс; 9 – облегчённая алюминиевая плита седельно-сцепное устройство

Другим направлением исследований является преобразование электрической энергии в мощность, подводимую к ведущим колесами и развиваемый крутящий момент. Основными направлениями преобразований мощности и крутящего момента в трансмиссии автомобиля, реализуемыми для автомобилей с гибридной и электрической силовыми установками, являются центральный и разнесенный приводы ведущих колес. Двумя вариантами центрального привода является классическая схема трансмиссии с механическим сцеплением (рис. 2,а) и без него (рис. 2,б). Преимуществом данной компоновки является надежность механического привода, способного легко регулировать и управлять силовой поток от энергетической установки до ведущих колес автомобиля. Недостаток связан с большим количеством вращающихся деталей, которые вызывают крутильные колебания. Данные типы не подходят для реализации полного привода на колесах полуприцепа автопоезда. Для

реализации полного привода необходимо предусматривать привод колес полуприцепа от коробки отбора мощности, как предложено в работе следующих авторов [1, 2].

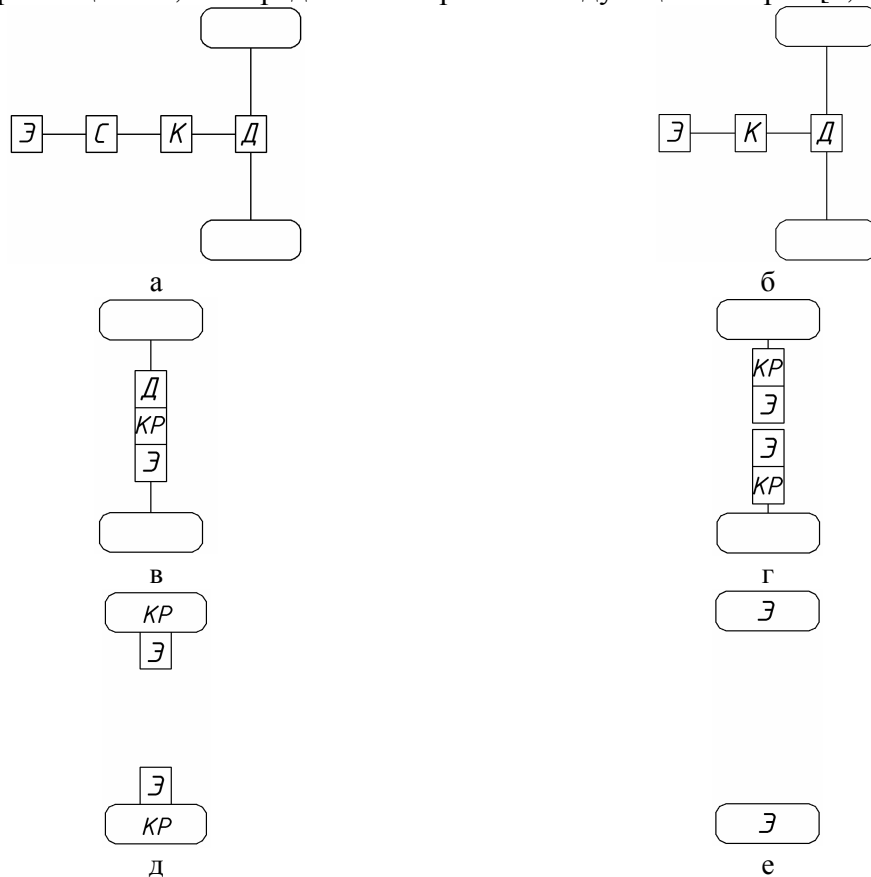


Рис. 2. Схемы элетромеханических и электрических автомобилей: а – центральный привод со сцеплением; б – центральный привод без сцепления; в – разнесенный привод по осям автомобиля; г – разнесенный привод по колесам автомобиля; д – разнесенный привод по колесам автомобиля с встроенным редуктором в колесо; е – мотор-колесо; Э – электродвигатель; С – сцепление; К – коробка передач; КР – колесный редуктор; Д – дифференциал

Разнесенный тип привода по осям автомобиля (рис. 2,в) заключается в размещении электродвигателя и коробки передач с межколесным дифференциалом на каждой оси. В отличие от центрального привода это возможность реализации полного привода на осях автомобиля, без установки межосевого дифференциала. При индивидуальности привода для каждой оси остается недостаток – наличия большого суммарного момента инерции. Компоновка трансмиссии с разнесенным приводом по колесам автомобиля (рис. 2,г) включает в себя индивидуальные электродвигатели с редукторами для каждого колеса. Уменьшение маховых масс за счет отсутствия дифференциала компенсируется возрастанием вдвое электродвигателей и колесных редукторов. Одним из перспективных типов электромеханической трансмиссии является разнесенный тип привода по колесам автомобиля с встроенным редуктором в колесо (рис. 2,д). Редуктор, встроенный в колесо является планетарным, что позволяет уравновесить нагрузки, передаваемые с полуприцепа или автомобиля-тягача на ось колеса.

Последняя компоновка определяет тип электрической трансмиссии, который носит название «мотор-колесо» (рис. 2,е). Данный тип трансмиссии лишен какого-либо механического преобразователя энергии, что позволяет сократить детали совершающие вращения и уменьшить суммарный момент инерции узлов трансмиссии. Данный тип трансмиссии идеально подходит для реализации полного привода для всех колес тягача и полуприцепа.

Компания Protean предложило прототип мотор-колеса, устанавливаемый на легковом автомобиле Mercedes E-Class EV (рис. 3,а), реализующий преимущества электрической трансмиссии (рис. 3,б) перед механическими и электромеханическими аналогами.



а



б

Рис. 3. Автомобиль Mercedes E-Class EV (а) с установленными мотор-колесами (б)

В статье [3] рассматривается влияние величины неподрессоренных масс автомобиля с мотор-колесами на параметры управляемости. В рамках исследования [4] рассматривается противоречия связанные в внедрением мотор-колеса в автомобили и международным стандартом безопасности транспортного процесса ISO 26262. В исследовании [5] сравнивались тягово-скоростные свойства электрических трансмиссий при использовании систем с двумя малыми электродвигателями или с одним большим. Параметры тягового усилия мотор-колеса легкового автомобиля увеличивались при эксплуатации электрических трансмиссий, оснащенных двумя малыми электродвигателями, эквивалентными одному большому. В работе [6] предложена модель управления коробкой скоростей электромобиля. Работа [7] посвящена анализу электромеханических и электрических трансмиссий, применяемых на гибридных и электрических легковых автомобилях. В исследовании [8] приведен анализ стратегий развития электрических приводов легковых автомобилей.

Как видно из анализа литературных источников и статей конференций исследований посвященных электромеханическим и электрическим типам трансмиссий большое количество. Многие исследования поддержаны грантами от развивающихся государств. Но, к сожалению, очень мало работ, связанных с усовершенствованием эксплуатационными свойств коммерческой техники, работающей на тяжелых топливах, а значит выделяющих большое количество вредных веществ в окружающую среду.

Одни из немногих исследователи [9] предложили внедрять электрические типы трансмиссий в крупногабаритные транспортные средства и спецтехнику для улучшения параметров экологичности транспортной работы. Для реализации данной концепции на автопоездах необходимо провести расчеты тягово-скоростных свойств и сравнить динамические и скоростные параметры механической и электрической типов трансмиссий однотипного грузового автомобиля с полуприцепом.

В качестве серийного автопоезда выберем для расчета автомобиль-тягач КамАЗ 6460-010-63 (6x4) с полуприцепом НефАЗ 93341-0600200-08. В качестве альтернативы предложим концепцию автопоезда с электроприводом на все колеса тягача и полуприцепа. Исходные данные для расчета тягово-скоростных свойств серийного автопоезда и автопоезда с электрической трансмиссией сведены в таблицу 1. Как видно из исходных данных параметры

аэродинамического сопротивления автопоезда и габаритные размеры сохранены для отсутствия влияния сил сопротивления воздуха. Для выполнения расчета воспользуемся методикой определения тягово-скоростных свойств автомобиля с электромеханической трансмиссией [10].

В качестве исходных данных была взята диаграмма мощности в зависимости от оборотов вращения ротора из материалов исследований [9]. В статье приведена внешняя скоростная характеристика автомобиля-тягача с одним электродвигателем с центральным приводом трансмиссии, который можно эквивалентно заменить на  $n$ -ое количество мотор-колес, с мощностями равными в сумме одному эквивалентному.

Табл. 1. Исходные данные расчетов тягово-скоростных свойств

Наименование	Автопоезд с механическим приводом (6x4)	Автопоезд с электрическим приводом (12x12)
Масса $M$ , кг	62000	60000
Максимальная скорость $v_{max}$ , м/с	25	
Коэффициент сопротивления воздуха $k$ , Нс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	0,42	
Площадь лобового сечения $F$ , м <sup>2</sup>	8,5	
КПД трансмиссии $\eta_m$	0,92	0,96
Номинальная частота $n_n$ , об/мин	1900	2900
Радиус качения $r_k$ , м	0,437	
Передаточное число главной передачи $U_0$	3,077	3
Передаточное число $k$ -ой передачи КПП $U_k$ с 1 по 16	13,74; 11,54; 9,44; 7,93; 6,5; 5,46; 4,57; 3,84; 3,01; 2,53; 2,07; 1,74; 1,42; 1,2; 1; 0,84	–

На рисунках 4 и 5 представлены сравнительные характеристики мощности и крутящего момента дизельной силовой установки (ДСУ) и электрической (ЭСУ).

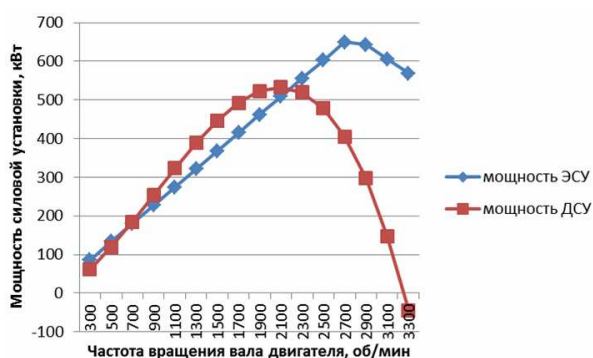


Рис. 4. Сравнение мощностей дизельной и электрической силовых установок

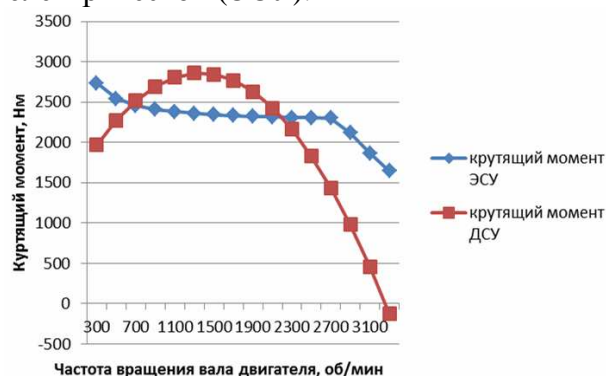


Рис. 5. Сравнение крутящего момента дизельной и электрической силовых установок

Как видно из анализа графика мощности, максимальное значение мощности ЭСУ достигается намного позже, чем при использовании дизельного двигателя. При этом модуль значения максимальной мощности ЭСУ будет выше, чем при применении ДСУ. Кривая крутящего момента электрического привода колес показывают зону стабилизации от 700 до 2700 об/мин, тогда как крутящий момент ДСУ достигает максимума и критично начинает снижаться. Суммарный крутящий момент электродвигателей в диапазоне номинальной частоты вращения меньше на 17,8%, чем дизельной силовой установки с механической трансмиссией.

Для сравнения мощностей электрической и дизельной силовых установок проведем сопоставление диаграммы мощностного баланса на высшей передаче для дизельной силовой установки с мощностями электрической трансмиссии (рис. 6).

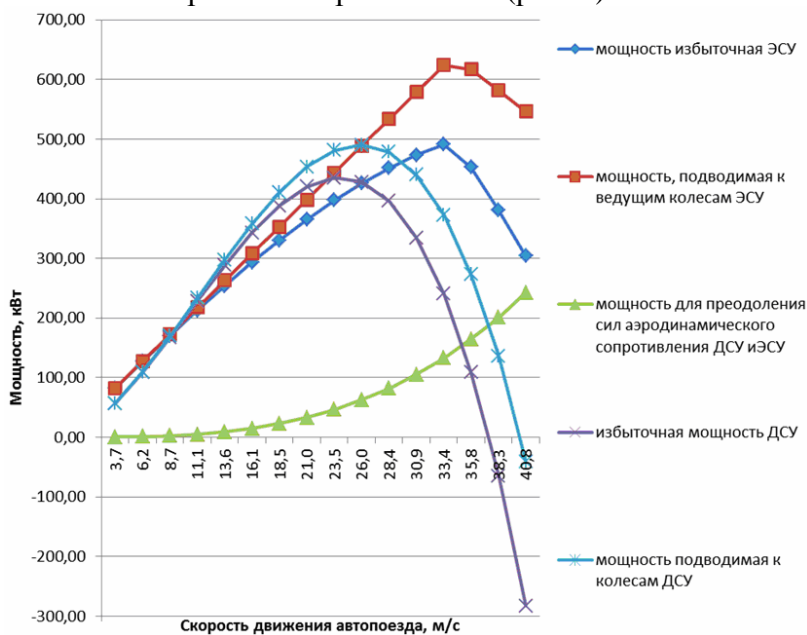


Рис. 6. Сравнение мощностей подводимых к колесам и избыточных мощностей дизельной и электрической силовых установок

Пиковая избыточная мощность автопоезда с мотор-колесом больше аналогичной избыточной мощности автопоезда с дизельным двигателем на высшей передаче на 12,1%. Как видно из графика мощность для преодоления сил сопротивления воздуху остается неизменной для обоих типов трансмиссий.

Для сравнения величин динамического баланса автопоездов с дизельной силовой установкой и электрическим приводом колес используем силы, подводимые к колесам и избыточные силы на высшей передаче (рис. 7).

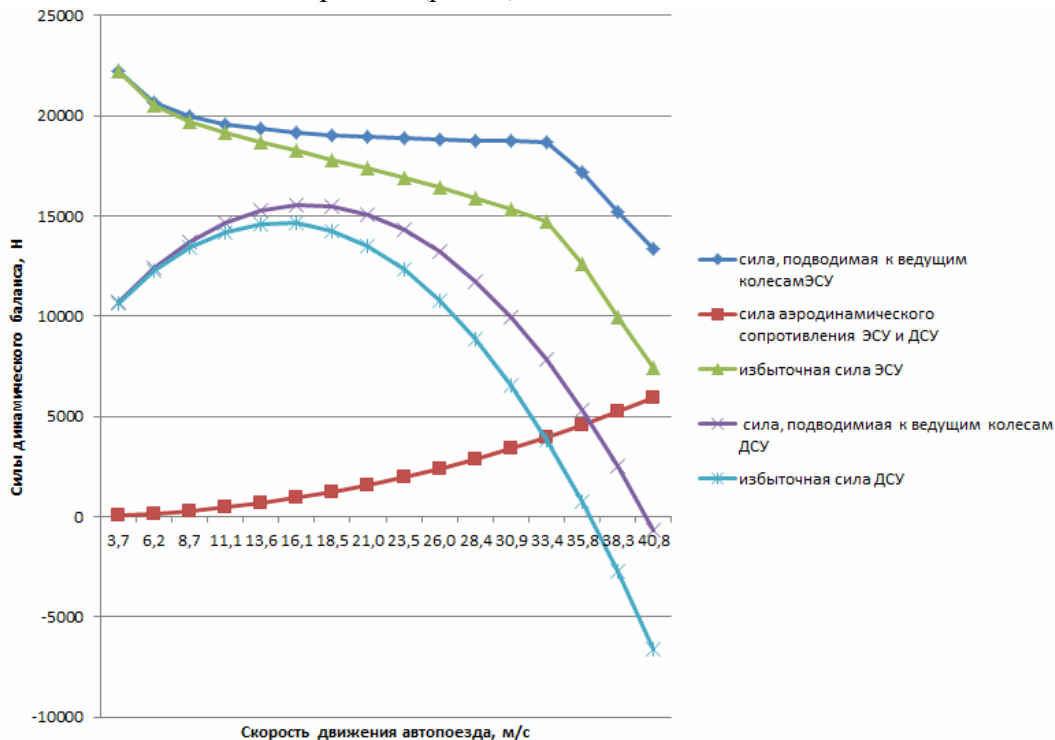


Рис. 7. Сравнение сил, подводимых к колесам и избыточных сил дизельной и электрической силовых установок

Благодаря применению колесного редуктора с передаточным отношением 3, приводная сила, подводимая к колесам автопоезда с электрическим приводом, будет больше, чем аналогичная приводная сила у автопоезда с дизельным ДВС.

Для анализа тягово-скоростных характеристик используем значения динамического фактора (рис. 8) и ускорения на высшей передаче дизельной силовой установки автопоезда (рис. 9).

Ускорение определяется из следующей зависимости:

$$j_a = \frac{(D - \psi_0)g}{\delta_{an}}, \quad (1)$$

где  $D$  – динамический фактор автомобиля;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$\psi_0$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги ( $\psi_0=0,5$ );

$\delta_{an}$  – коэффициент учета вращающихся масс автопоезда.

Коэффициент учета вращающихся масс автопоезда  $\delta_{an}$  определяется из следующей зависимости [11]:

$$\delta_{an} = \frac{\left[ (M_m + M_n) + I_m \left( \frac{i_0 i_k}{r_k} \right)^2 \eta_m + \frac{1}{r_k^2} \left( \sum_{i=1}^n I_{ki} \right) \right]}{M_a} = 1 + \frac{I_m}{M_a} \left( \frac{i_0 i_k}{r_k} \right)^2 \eta_m + \frac{1}{r_k^2} \frac{\left( \sum_{i=1}^n I_{ki} \right)}{M_a}. \quad (2)$$

где  $M_m$ ,  $M_n$ ,  $M_a$  – полные массы тягача, полуприцепа (прицепа) и автопоезда соответственно, кг;  $I_m$ ,  $I_{ki}$  – моменты инерции маховика и  $i$ -го колеса автопоезда,  $\text{кг м}^2$ ;

$i_0$ ,  $i_k$  – передаточные числа главной передачи и  $k$ -ой передачи КПП;

$r_k$  – радиус качения колес, м;  $\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии.

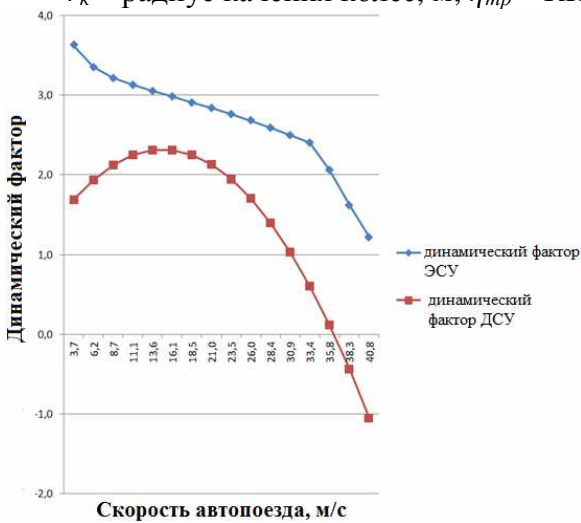


Рис. 8. Сравнение динамических факторов дизельной и электрической силовых установок

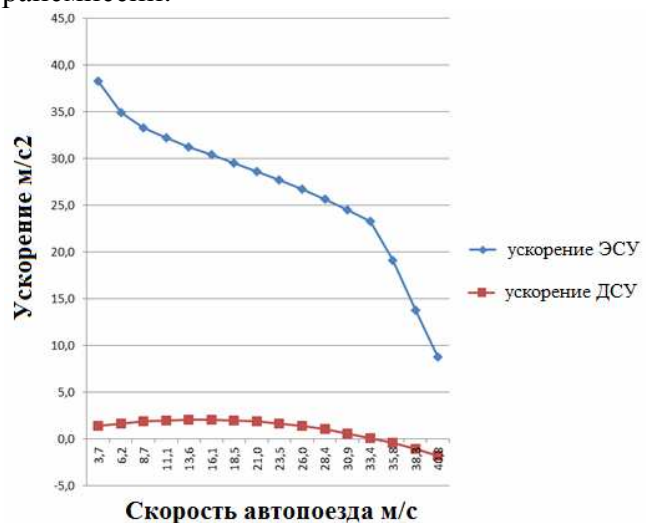


Рис. 9. Сравнение ускорений дизельной и электрической силовых установок

Максимальные значения динамического фактора автопоезда с электрическим приводом на все колеса выше аналогичных значений динамического фактора дизельного автопоезда на высшей передаче на 35,1%.

Максимальные значения ускорения автопоезда с электрическим приводом на все колеса превышают ускорения дизельного автопоезда на высшей передаче на 92,4%.

### Заключение

Концепция применения «мотор-колеса» для автопоездов позволяет увеличить мощность, подводимую к колесу, реализуемой на каждом колесе, как тягача, так и полуприцепа, в сравнении с дизельной силовой установкой, которая может осуществлять привод только на ведущие колеса автомобиля-тягача. При одинаковом сопротивлении воздушному потоку, избыточная мощность автопоезда с электрической трансмиссией превышает избыточную мощность автопоезда с дизельным двигателем.

Динамический фактор автопоезда с электрической трансмиссией, несмотря на уменьшенный крутящий момент электропривода ведущих колес, увеличивается свое значение путем снижения массы автопоезда в целом. Снижение массы автопоезда достигается за счет отсутствия сцепления коробки передач, главной передачи и карданных передач.

Скоростные параметры автопоезда оцениваются ускорением. Ускорение автопоезда с электрической трансмиссией в пиковом своем значении будет выше на 92,4%, чем развиваемое автопоездом с дизельным двигателем и механической 16-ти ступенчатой трансмиссией. Увеличение ускорения достигается уменьшением суммарного момента инерции, а именно уменьшением пар вращающихся валов и шестерен КПП, главной передачи и ведущих и ведомых дисков сцепления.

#### Список литературы

1. Dobretsov R., Gubachev M., Naletov I., Vasiliev A. On the way to driverless road-train: Digital technologies in modeling of movement, calculation and design of a road-train with hybrid propulsion unit // SHS Web of Conf. IV International Scientific Conference "The Convergence of Digital and Physical Worlds: Technological, Economic and Social Challenges" (CC-TEESC2018). 2018. Vol. 44. P. 00030. DOI: 10.1051/shsconf/20184400030.
2. Волков В.С., Лебедев Е.Г., Набатникова Е.А. Способность главного автопоезда преодолевать крутые подъемы по дороге // Воронежский научно-технический вестник. – 2022. – Т. 1, № 1 (35). – С. 56-72. – DOI: 10.34220/2311-8873-2022-56-62.
3. Abdussalam A.A.O., Başar Ö. Analysis of effect of in-wheel electric motors mass on passive and active suspension systems // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015, vol. 10, no. 14, pp. 5924-5928.
4. Ellims M., Monkhouse H., Lyon A. ISO 26262: Experience applying Part 3 to an in-wheel electric motor // Conference: System Safety, 2011 6th IET International Conference. 2011. P. 0250. DOI: 10.1049/cp.2011.0250
5. Maulana H.S., Sutantra I.N. Design and analysis of ECVT on electric powered vehicles for determining the speed ratio // International Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2021, vol. 5, no. 2, pp. 55-66. DOI:10.12962/j25807471.v5i2.8923.
6. Walker P., Zhua B., Zhanga N. Powertrain dynamics and control of a two speed dual clutch transmission for electric vehicles // Mechanical Systems and Signal Processing. 2017, vol. 85, pp. 1-15. DOI: 10.1016/j.ymsp.2016.07.043.
7. Jneid M.S., Harth P., Ficzer P. In-wheel-motor electric vehicles and their associated drivetrains // International Journal for Traffic and Transport Engineering. 2020, vol. 10(4), pp. 415-431. DOI: 10.7708/ijtte.2020.10(4).01.
8. Li Y., Adeleke O.P., Xu X. Methods and applications of energy saving control of in-wheel motor drive system in electric vehicles: A comprehensive review // Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2019, vol. 11, p. 062701. DOI: 10.1063/1.5129070.
9. Watts A., Vallance A., Whitehead A., Hilton C., Fraser A. The Technology and Economics of In-Wheel Motors // SAE International Journal of Passenger Cars – Electronic and Electrical Systems. 2010, vol. 3(2), pp. 37-55. DOI: 10.4271/2010-01-2307.
10. Тарасик В.П. Методика анализа тягово-скоростных свойств автомобиля с электромеханической трансмиссией // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2017. – № 1(54). – С. 89-99. – DOI 10.53078/20778481\_2017\_1\_89.
11. Железнов Р.Е., Железнов Е.И. Моделирование взаимодействия звеньев малотоннажного автопоезда при разгоне // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2015. – Т. 12, № 6(166). – С. 20-24.

#### References

1. Dobretsov R., Gubachev M., Naletov I., Vasiliev A. On the way to driverless road-train: Digital technologies in modeling of movement, calculation and design of a road-train with hybrid propulsion unit // SHS Web of Conf. IV International Scientific Conference "The Convergence of Digital and Physical Worlds: Technological, Economic and Social Challenges" (CC-TEESC2018). 2018. Vol. 44. P. 00030. DOI: 10.1051/shsconf/20184400030.
2. Volkov V.S., Lebedev E.G., Nabatnikova E.A. The ability of the main road train to overcome steep climbs on the road // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2022, vol. 1, no. 1 (35), pp. 56-72. DOI: 10.34220/2311-8873-2022-56-62.
3. Abdussalam A.A.O., Başar Ö. Analysis of effect of in-wheel electric motors mass on passive and active suspension systems // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015, vol. 10, no. 14, pp. 5924-5928.
4. Ellims M., Monkhouse H., Lyon A. ISO 26262: Experience applying Part 3 to an in-wheel electric motor // Conference: System Safety, 2011 6th IET International Conference. 2011. P. 0250. DOI: 10.1049/cp.2011.0250
5. Maulana H.S., Sutantra I.N. Design and analysis of ECVT on electric powered vehicles for determining the speed ratio // International Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2021, vol. 5, no. 2, pp. 55-66. DOI:10.12962/j25807471.v5i2.8923.



6. Walker P., Zhua B., Zhanga N. Powertrain dynamics and control of a two speed dual clutch transmission for electric vehicles // Mechanical Systems and Signal Processing. 2017, vol. 85, pp. 1-15. DOI: 10.1016/j.ymssp.2016.07.043.
7. Jneid M.S., Harth P., Ficzero P. In-wheel-motor electric vehicles and their associated drivetrains // International Journal for Traffic and Transport Engineering. 2020, vol. 10(4), pp. 415-431. DOI: 10.7708/ijtte.2020.10(4).01.
8. Li Y., Adeleke O.P., Xu X. Methods and applications of energy saving control of in-wheel motor drive system in electric vehicles: A comprehensive review // Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2019, vol. 11, p. 062701. DOI: 10.1063/1.5129070.
9. Watts A., Vallance A., Whitehead A., Hilton C., Fraser A. The Technology and Economics of In-Wheel Motors // SAE International Journal of Passenger Cars – Electronic and Electrical Systems. 2010, vol. 3(2), pp. 37-55. DOI: 10.4271/2010-01-2307.
10. Tarasik V.P. Methodology of analysis of traction-speed properties of a car with an electromechanical transmission // Bulletin of the Belarusian-Russian University. 2017, no. 1(54), pp. 89-99. DOI: 10.53078/20778481\_2017\_1\_89.
11. Zheleznov R.E., Zheleznov E.I. Modeling of the interaction of links of a low-tonnage road train during acceleration // Izvestia Volgograd state technical university. Series: Ground transport systems. 2015, vol. 12, no. 6(166), pp. 20-24.

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Поляков Павел Александрович</b> – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-производственного центра «Охрана труда» РГУПС, доцент кафедры транспортных процессов и технологических комплексов КубГТУ	<b>Polyakov Pavel Aleksandrovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor, leading researcher of the scientific and production center "Labor Protection" RSTU, associate professor of the Department of transport processes and technological complexes, KubSTU
<b>Задаянчук Нина Александровна</b> – преподаватель кафедры информационных образовательных технологий	<b>Zadayanchuk Nina Alexandrovna</b> – lecturer of the Department of information educational technologies
<b>Гончарова Наталья Александровна</b> – магистрант	<b>Goncharova Natalia Alexandrovna</b> – master's student
polyakov.pavel88@mail.ru	

Получена 15.06.2022