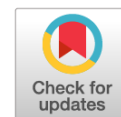


DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-321668>

Оригинальное исследование



# Алгоритм формирования уставок крутящего и тормозного моментов на валу тягового электродвигателя посредством одной педали

А.В. Климов<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> Инновационный центр «КАМАЗ», Инновационный центр Сколково, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Московский политехнический университет, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Эксплуатирующие организации и рядовые потребители предъявляют к транспортным средствам требования к повышению их энергоэффективности, снижению затрат, а также повышение эргономичности и комфортабельности. Одной из значимых затрат при эксплуатации транспортного средства является затрата на топливо, поэтому весьма перспективно применять транспортные средства с электрическими приводами, такие как — аккумуляторные электрические. Для них весьма важно иметь энергоэффективное управление тяговыми приводами, основными источниками потерь энергии, отличающимися высокой эффективностью, увеличивающее их автономный пробег на одной зарядке. Для этого необходимо формировать уставки запрашиваемого момента двигателя с использованием только педали хода с учётом условий движения и характеристик транспортного средства во всём диапазоне скоростей.

**Цель работы** — является разработка теоретических основ и закона определения уставок тягового и рекуперативного крутящего момента тягового электропривода, режима выбега в зависимости от скорости движения и уровня положения педали хода с учётом обеспечения требуемого уровня комфортабельности и эргономичности управления.

**Материалы и методы.** Моделирование закона определения уставки тягового и рекуперативного крутящего момента тягового электропривода, режима выбега выполнено в программном комплексе Matlab Simulink.

**Результаты.** В статье приводятся теоретические основы построения закона формирования определения уставки тягового и рекуперативного крутящего момента тягового электропривода, режима выбега для эффективного управления, повышения его эргономичности, комфортабельности транспортного средства, а также результаты виртуального имитационного моделирования формирования уставок в Matlab Simulink в условиях, приближенных к эксплуатационным.

**Заключение.** Практическая ценность настоящего исследования заключается в возможности использования предложенного закона определения уставки тягового и рекуперативного крутящего момента тягового электропривода, режима выбега для разработки системы управления тягового привода транспортных машин.

**Ключевые слова:** однопедальное управление; тяговый режим; режим рекуперации; движение накатом; электробус; индивидуальный электропривод; педаль хода; уставка крутящего момента.

## Как цитировать::

Климов А.В. Алгоритм формирования уставок крутящего и тормозного моментов на валу тягового электродвигателя посредством одной педали // Известия МГТУ «МАМИ». 2023. Т. 17, № 3. С. 261–271. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-321668>

DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-321668>

Original study article

# Algorithm for forming traction and braking torque settings at the shaft of a traction motor by means of a single pedal

Alexander V. Klimov<sup>1, 2</sup><sup>1</sup> KAMAZ Innovation Center LLC, Skolkovo Innovation Center, Moscow, Russian Federation;<sup>2</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Transport service providers and consumers specify requirements to vehicles for increasing energy efficiency, cost reduction, as well as improving ergonomics and comfort. Fuel costs are among the significant costs, so it is very promising to use vehicles with electric drives, such as battery-powered electric vehicles. It is very important for them to have energy-efficient control of traction drives that are the main sources of energy loss, characterized by high efficiency that helps to increase single-charge mileage. To achieve this, it is necessary to form the settings of the requested engine torque using the accelerator pedal only, taking into account traffic conditions, vehicle characteristics over the entire velocity range.

**AIMS:** Development of the fundamentals and the law of determining the settings of the traction and regenerative torque of a traction electric drive, the run-out mode depending on motion velocity and the accelerator pedal position, taking into account the required level of comfort and ergonomics of control.

**METHODS:** The law of determining the setting of the traction and regenerative torque of the traction electric drive, the run-out mode were modeled in the MATLAB/Simulink software package.

**RESULTS:** The fundamentals of building the law of determining of the setting of the traction and regenerative torque of the traction electric drive, the run-out mode for effective control, increasing ergonomics and comfort of a vehicle, as well as the results of virtual simulation of the formation of settings in the MATLAB/Simulink in conditions close to the operational are given in the paper.

**CONCLUSIONS:** The practical value of the study lies in the possibility of using the proposed law for determining the setting of the traction and regenerative torque of the traction electric drive, the run-out mode for the development of a traction drive control system for transport vehicles.

**Keywords:** single-pedal control; traction mode; regeneration mode; run-out; electric bus; individual electric drive; accelerator pedal; torque setting.

## To cite this article:

Klimov AV. Algorithm for forming traction and braking torque settings at the shaft of a traction motor by means of a single pedal. *Izvestiya MGТУ «MAMI»*. 2023;17(3): 261–271. DOI: <https://doi.org/10.17816/2074-0530-321668>

Received: 27.03.2023

Accepted: 30.06.2023

Published online: 15.10.2023

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе осуществления транспортных операций все больше используют аккумуляторные колёсные транспортные средства. Из таковых можно выделить электробусы большого класса, осуществляющие пассажирские перевозки. Данные транспортные средства оснащены перезаряжаемой системой хранения электрической энергии (тяговой аккумуляторной батареей) и индивидуальным тяговым электрическим приводом ведущих колёс (рис. 1) [1].

Для данных машин остро стоит вопрос по максимизации их энергоэффективности, поскольку потребители постоянного и неукоснительно ужесточают свои требования к данному эксплуатационному свойству, что выражается в увеличении запаса хода на одной зарядке, перезаряжаемой системы хранения электрической энергии. Поэтому разработчикам необходимо постоянно решать задачу по увеличению запаса хода, как за счёт применения компонентов и систем с меньшими потерями энергии, так и применением алгоритмов управления позволяющими наиболее эффективно их эксплуатировать. К таковым можно отнести алгоритмы управления тяговым электроприводом, осуществляющие наиболее энергоэффективный переход из одного состояния в другое при движении по соответствующему запросу [2]. Развитием данного подхода к управлению транспортным средством является создание алгоритмов, позволяющих это осуществлять только педалью хода, что наряду с повышением энергоэффективности позволяет улучшить эргономику управления, комфорт пассажиров. К тому же, для индивидуального тягового электропривода свойственна короткая цепь механической трансмиссии с низкими демпирующими свойствами, слабо демпирующая воздействия от дороги, что, наряду с высокими динамическими свойствами

тягового двигателя, высокой его перегрузочной способностью при изменении режима движения может привести к повышенным динамическим нагрузкам в трансмиссии из-за резких ударных воздействий при быстром переходе с тягового режима на рекуперативный и наоборот.

## ТРЕБОВАНИЯ К АЛГОРИТМУ ОДНОПЕДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

При разработке системы управления движением необходимо чтобы водитель должен иметь возможность управлять ускорением и замедлением транспортного средства только с помощью педали хода. Тягово-динамические характеристики машины должны оставаться на уровне как в случае обычного двухпедального управления.

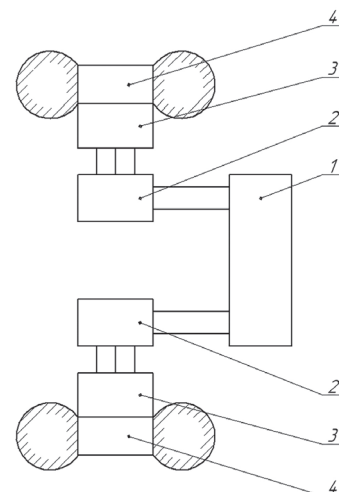
Все рабочие замедления (до  $1,4-1,6 \text{ м/с}^2$ ) с наиболее вероятным значением замедления  $0,1-0,6 \text{ м/с}^2$  с вероятностью более 90% при эксплуатации транспортного средства в реальных условиях должны осуществляться полностью за счёт электродинамического рекуперативного торможения и эксплуатационные ускорения (до  $1,4-1,6 \text{ м/с}^2$ ) с наиболее вероятным значением  $0,1-0,6 \text{ м/с}^2$  с вероятностью более 90% (рис. 2).

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К АЛГОРИТМУ ОДНОПЕДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Транспортное средство в зависимости от типа электродвигателя в тяговом приводе должно иметь возможность полностью останавливаться без использования педали тормоза (например, на светофоре). Также необходимо



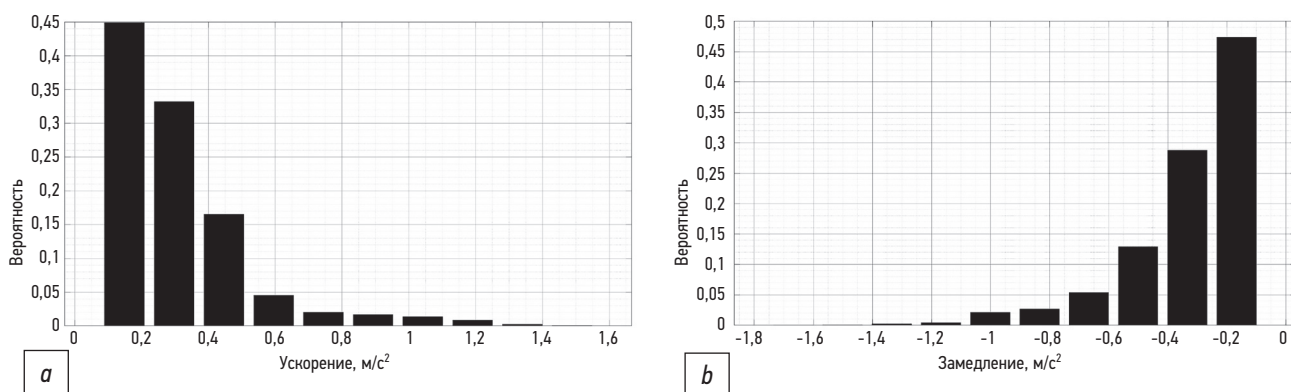
a



b

**Рис. 1.** Общая схема и общий вид электробуса: а) общий вид электробуса, б) общая схема электрооборудования; 1 — тяговая аккумуляторная батарея, 2 — инвертор, 3 — тяговый электродвигатель, 4 — трансмиссия.

**Fig. 1.** Main layout and main view of an electric bus: а) main view of an electric bus; б) main layout of electric equipment: 1 — a traction battery; 2 — an inverter; 3 — a traction electric motor; 4 — drivetrain.



**Рис. 2.** Вероятность распределения ускорений *a)* замедлений *b)* электробуса в эксплуатации.  
**Fig. 2.** Probability of distribution of accelerations (*a*) and decelerations (*b*) of an electric bus during its service.

исключать превышение ускорений/замедлений выше регламентированных  $2 \text{ м/с}^2$  для городского электротранспорта [3], а также рывка ускорения выше  $0,8 \text{ м/с}^3$  с целью обеспечения комфорта пассажиров. При этом водитель должен иметь возможность выбирать желаемый уровень замедления с помощью изменения уровня нажатия педали хода. Педаль тормоза же использовать только в случае экстренного торможения.

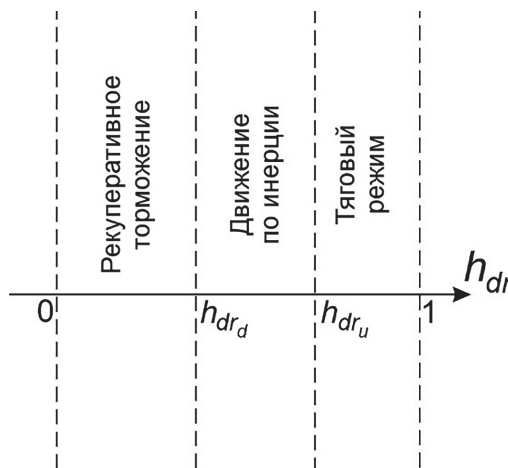
При отпускании педали хода и первом нажатии на педаль тормоза замедление не должно изменяться скачкообразно. То же самое требование распространяется и на увеличение процента нажатия педали хода. Для увеличения степени эффективности должен быть обеспечен режим движения накатом (крутящий момент на валу тягового электродвигателя равен нулю). Границы активации и деактивации этого режима должны зависеть от скорости движения.

Для увеличения безопасности движения и облегчения труда водителя системе должен быть предусмотрен активируемый режим реализации запроса максимального крутящего момента при трогании с места (активируемый режим «Помощник трогания на подъеме»).

С целью обеспечения безопасности прочих участников дорожного движения стоп-сигналы при замедлении (включении рекуперативного режима торможения) должны загораться как при торможении с замедлениями на транспортном средстве, не имеющем алгоритма однопедального управления.

### НАЗНАЧЕНИЕ ГРАНИЦ МЕЖДУ ТЯГОВЫМ, РЕКУПЕРАТИВНЫМ (ТОРМОЗНЫМ) И ИНЕРЦИОННЫМ (НАКАТ) РЕЖИМАМИ ДВИЖЕНИЯ

Взаимное расположение зон тягового, рекуперативного (тормозного) и инерционного (накат) режимов движения в зависимости от степени  $0 \leq h_{dr} \leq 1$  нажатия на педаль хода должно быть таким, как показано на рис. 3. Причём границы зон должны быть плавающими



**Рис. 3.** Взаимное расположение зон тягового, рекуперативного (тормозного) и инерционного (накат) режимов движения в зависимости от степени нажатия на педаль хода.

**Fig. 3.** Mutual disposition of areas of traction, regenerative (braking) and inertial (run-out) motion modes depending on the accelerator pedal position.

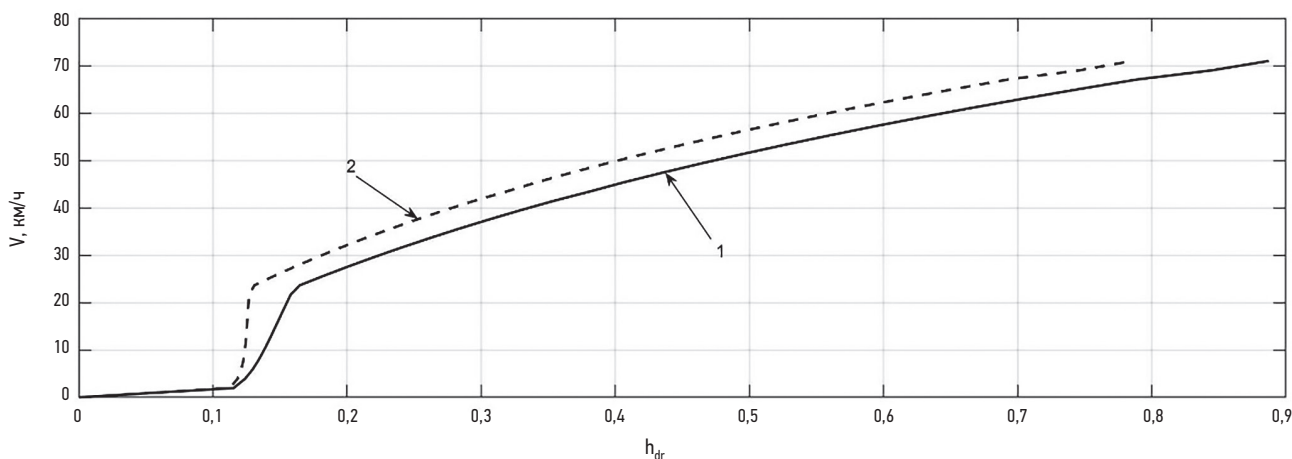
в зависимости от скорости движения транспортного средства и соответствующих дорожных условий.

В зоне тяги  $h_{dr_u} < h_{dr} \leq 1$  крутящий момент на валу электродвигателя  $M_{кр} > 0$  в зоне  $0 < h_{dr} \leq h_{dr_d}$  рекуперативного торможения  $M_{кр} < 0$ , в зоне  $h_{dr_d} < h_{dr} \leq h_{dr_u}$  движения по инерции  $M_{кр} = 0$ .

Для обеспечения плавного (без рывков) перехода из зоны тягового режима в зону движения по инерции необходимо границу  $h_{dr_u}$  между этими режимами располагать в окрестности нулевого продольного ускорения электробуса  $a_x \cong 0$ . Условием равномерного (без ускорения) движения будет равенство нулю углового ускорения  $\dot{\omega}$  вала тягового электродвигателя:

$$J\dot{\omega} = h_{dr}M_{\max}(\omega) - M_c, \tag{1}$$

где  $J$  — момент инерции вращающихся масс, приведенный к валу ТЭД;  $M_{\max}(\omega)$  — максимальный доступный для текущего значения угловой скорости  $\omega$  крутящий



**Рис. 4.** Зависимости  $h_{dr_u}$  и  $h_{dr_d}$  от скорости движения  $V$  для электробуса КАМАЗ-6282.

**Fig. 4.** Dependences of the  $h_{dr_u}$  and  $h_{dr_d}$  on motion velocity  $V$  for the KAMAZ-6282 electric bus.

момент на валу ТЭД;  $M_c$  — момент сопротивления, приведенный к валу ТЭД.

Положение правой границы  $h_{dr_u}$  зоны движения по инерции (рис. 3):

$$h_{dr_u} = \frac{\left\{ Mg \left[ f_0 \cdot \left( \frac{V}{V_0} \right)^{0,1} \cos \alpha + \sin \alpha \right] + c_x F_{\text{лоб}} \rho \frac{V^2}{2} \right\} \cdot r_{к0}}{M_{\text{max}}(\omega)}, \quad (2)$$

В соответствии с рекомендациями работ [4, 5] выражение для положения левой границы  $h_{dr_d}$ :

$$h_{dr_d} = h_{dr_u} + 0,1 \cdot \left( \frac{V}{V_{\text{max}}} \right), \quad (3)$$

где  $V_{\text{max}}$  — максимальная скорость движения.

На рис. 4 показаны зависимости  $h_{dr_u}$  и  $h_{dr_d}$  от скорости движения  $V$  для электробуса КАМАЗ-6282 [1].

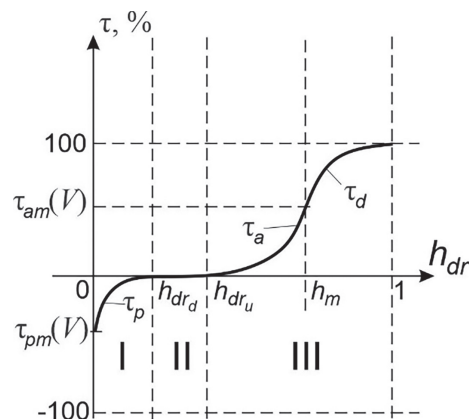
## ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ УСТАВОК КРУТЯЩИХ И ТОРМОЗНЫХ МОМЕНТОВ ТЭД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПЛАВНУЮ ВЫБОРКУ ЗАЗОРОВ В ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЯХ ПРИ ПЕРЕКЛАДКАХ

С целью снижения ударных динамических нагрузок, возникающих в зубчатых зацеплениях механической части тягового привода при переключениях в момент перехода между различными зонами на рис. 3 необходимо соблюдать следующие принципы формирования уставок крутящих и тормозных моментов на валу ТЭД:

1. При пересечении границ  $h_{dr_u}$  или  $h_{dr_d}$  (выход из зоны движения по инерции) значение крутящего момента должно быть равным нулю.

2. График задания момента при приближении к границам зоны движения по инерции должен иметь асимптоту  $\tau = 0$ , где  $\tau$  — уставка крутящего момента в процентах от максимально доступного. (рис. 5), чтобы избежать повышенных динамических ударных нагрузок в зубчатых зацеплениях, из-за возникновения автоколебательных процессов в контуре векторного управления моментом двигателя вследствие изменения положения границ зон  $h_{dr_u}$  и  $h_{dr_d}$  при изменении скорости движения.

Движение электробуса, соответствующее зоне  $h_{dr_u} < h_{dr} < h_m$ , соответствует всем требованиям по тягово-динамическим свойствам: максимальному ускорению при трогании, ускорению при движении, преодолении подъёма, максимальной скорости.



**Рис. 5.** График задания уставки крутящего момента на валу ТЭД:  $\tau_{pm}(V)$  — максимальное значение рекуперативного момента;  $\tau_{am}(V)$  — максимальное значение тягового момента;  $h_m(V)$  — положение педали акселератора, при котором становится доступным запрос максимального тягового момента.

**Fig. 5.** Graph of setting adjustment at the shaft of a traction electric motor:  $\tau_{pm}(V)$  — maximum value of the regenerative torque;  $\tau_{am}(V)$  — maximum value of traction torque;  $h_m(V)$  — position of the accelerator pedal where the demand for maximal traction torque becomes available.

Введение зоны  $h_m < h_{dr} \leq 1$  позволяет не прибегать к использованию полного хода педали для обеспечения рабочего движения, но с сохранением запаса по моменту в случае перегрузки двигателя по моменту при необходимости.

Наличие в алгоритме зоны  $h_m < h_{dr} \leq 1$  позволяет увеличить безопасность движения, так как реакция привода на высоких скоростях на небольшие изменения положения педали хода становится более мягкой, что исключает резких изменений крутящего момента и скорости движения.

## ФОРМИРОВАНИЕ УСТАВКИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА В ЗОНЕ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

$$0 < h_{dr} \leq h_{dr,d}$$

Для определения зависимости уставки  $\tau_{pm}$  от скорости движения определимся, что при рекуперативном торможении максимальное значение замедления не должно

превышать  $a_x = -1,4 \text{ м/с}^2$  по условиям обеспечения комфорта пассажиров. Исходя из анализа дифференциального уравнения торможения транспортного средства, с учётом в первом приближении равенства рекуперативных моментов на левом и правом электродвигателе

$$\tau_{pm} = \frac{r_{к0}}{M_{\max}(\omega)n_B} \left[ -a_x M - Mgf_0 \cdot \left( \frac{V}{V_0} \right)^{0,1} - c_x F_{\text{лоб}} \rho \frac{V^2}{2} \right], \quad (4)$$

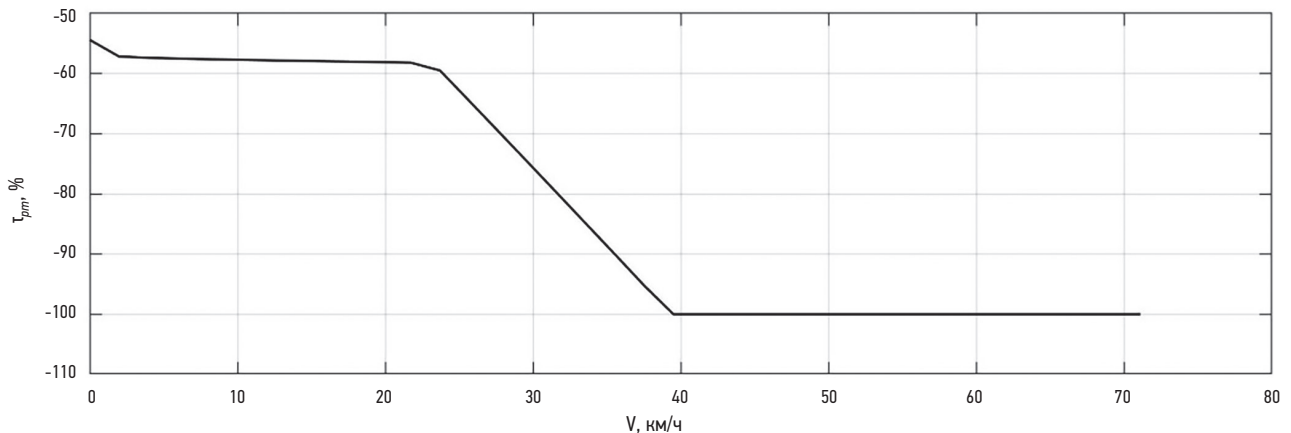
На рис. 6 показана зависимость  $\tau_{pm}$  от скорости движения для электробуса КАМАЗ-6282.

Зависимость  $\tau_p(h_{dr})$  имеет вид:

$$\tau_p = a \cdot \left( \frac{h_{dr}}{h_{dr,d}} \right)^2 + b \cdot \left( \frac{h_{dr}}{h_{dr,d}} \right) + c, \quad (5)$$

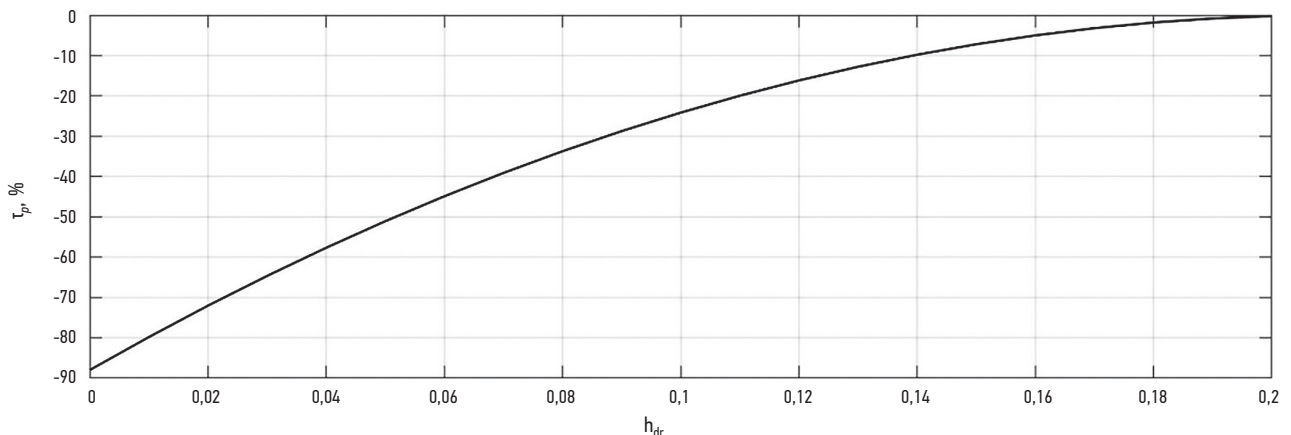
где  $a$ ,  $b$  и  $c$  — коэффициенты, подлежащие определению.

На рис. 7 показана зависимость  $\tau_p$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282 для  $V = 35 \text{ км/ч}$ ,  $\tau_{pm} = 88\%$ ,  $h_{dr} = 0,21$ .



**Рис. 6.** Зависимость  $\tau_{pm}$  от скорости движения электробуса КАМАЗ-6282.

**Fig. 6.** Dependence of the  $\tau_{pm}$  on the motion velocity of the KAMAZ-6282 electric bus.



**Рис. 7.** Зависимость  $\tau_{pm}$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282.

**Fig. 7.** Dependence of  $\tau_{pm}$  on  $h_{dr}$  for the KAMAZ-6282 electric bus.

# ФОРМИРОВАНИЕ УСТАВКИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ ТЯГОВОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ $h_{dr_u} < h_{dr} \leq h_m$

Принимая максимальное ускорение разгона  $a_x = 1,4 \text{ м/с}^2$ , выражение для определения уставки имеет вид:

$$\tau_{pm} = \frac{r_{к0}}{M_{\max}(\omega)n_b} \left[ a_x M - Mgf_0 \cdot \left( \frac{V}{V_0} \right)^{0,1} - c_x F_{\text{люб}} \rho \frac{V^2}{2} \right], \quad (6)$$

На рис. 8 кривая 1 показана зависимость  $\tau_{am}$  от скорости движения для электробуса КАМАЗ-6282.

На рис. 8 кривая 2 показана зависимость  $h_m$  от скорости движения для электробуса КАМАЗ-6282. Благодаря введению границы  $h_m$  нет необходимости использовать полный ход педали акселератора, чтобы получить максимальное ускорение разгона, что позволяет обеспечить требуемую тяговую динамику.

В тяговом режиме должен быть предусмотрен активируемый водителем режим «Помощник трогания на подъеме», который предписывает 100% крутящего момента ТЭД при полном нажатии на педаль акселератора на низкой скорости.

Зависимость  $\tau_a(h_{dr})$  в диапазоне  $h_{dr_u} < h_{dr} \leq h_m$  имеет вид:

$$\tau_a = d \cdot \left( \frac{h_{dr}}{h_{dr_u}} \right)^n + e \cdot \left( \frac{h_{dr}}{h_{dr_u}} \right) + f, \quad (7)$$

где  $d, e$  и  $f$  — коэффициенты, подлежащие определению.

На рис. 9 показана зависимость  $\tau_a$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282 для  $V = 35 \text{ км/ч}$ ,  $\tau_{am} = 75\%$ ,  $n = 6$ .

В диапазоне  $h_m < h_{dr} \leq 1$  для аппроксимации зависимости  $\tau_d(h_{dr})$  используем квадратичный полином вида:

$$\tau_d = kh_{dr}^2 + lh_{dr} + m, \quad (8)$$

где  $k, l$  и  $m$  — коэффициенты, подлежащие определению.

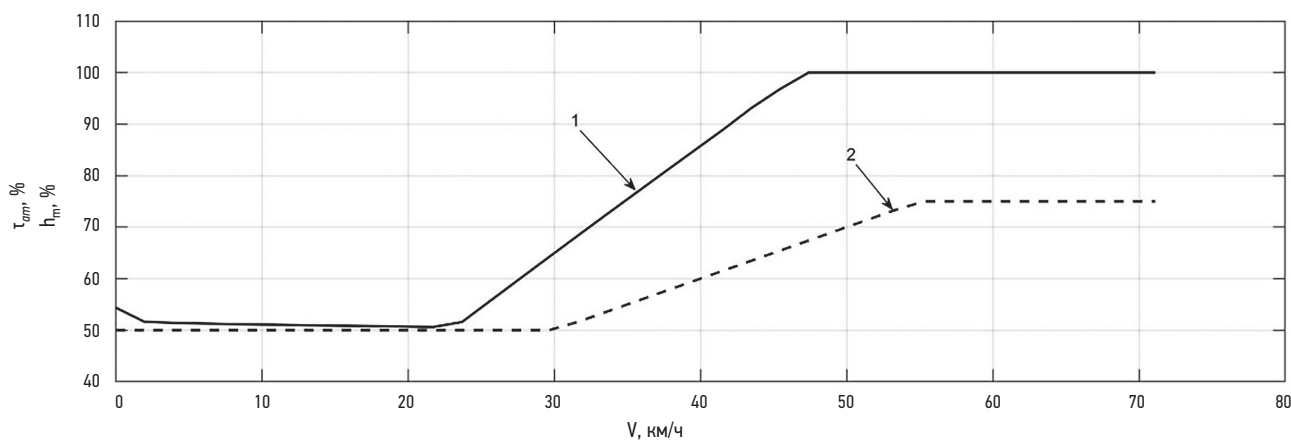


Рис. 8. Зависимости  $\tau_{am}$  (1) и  $h_m$  (2) от скорости движения для электробуса КАМАЗ-6282.

Fig. 8. Dependences of  $\tau_{am}$  (1) and  $h_m$  (2) on the motion velocity for the KAMAZ-6282 electric bus.

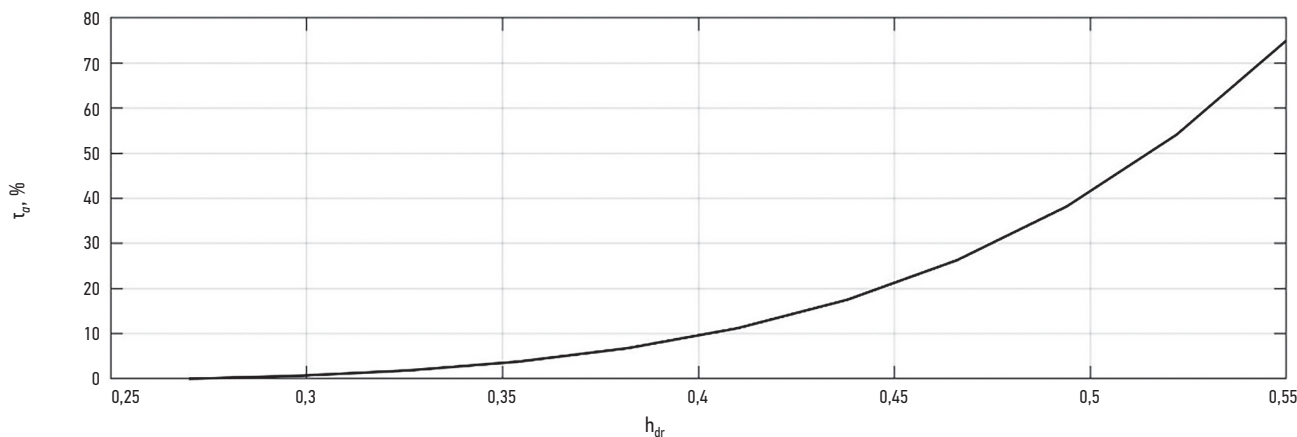


Рис. 9. Зависимость  $\tau_a$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282.

Fig. 9. Dependence of  $\tau_a$  on  $h_{dr}$  for the KAMAZ-6282 electric bus.

На рис. 10 показана зависимость  $\tau_d$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282.

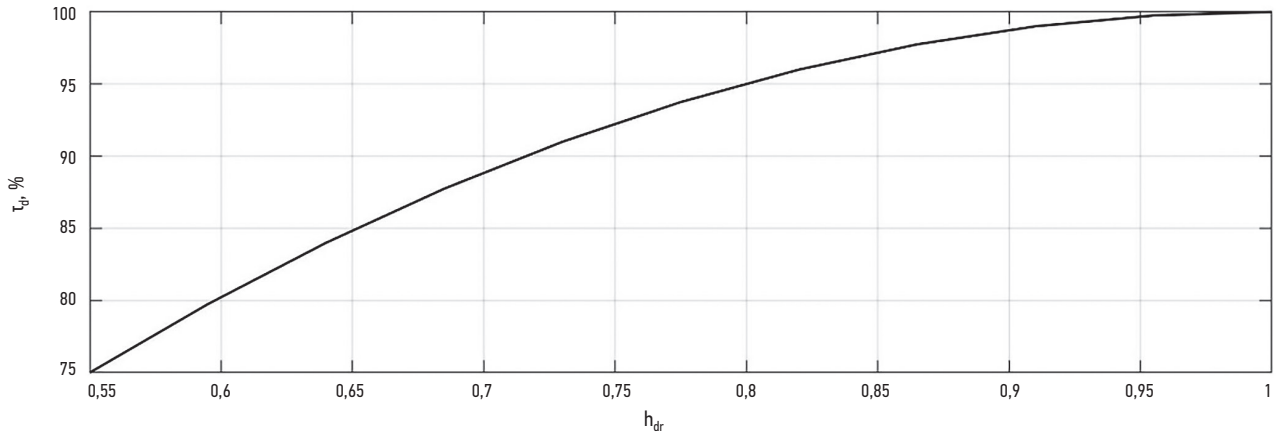
На рис. 11 показана сборка (рис. 6, 7, 9 и 10) зависимости уставки момента  $\tau$  от положения педали акселерометра  $h_{dr}$  для скорости  $V = 35$  км/ч.

Были проведены виртуальные испытания электробуса с однопедальным управлением. На рис. 12 представлена

циклограмма изменения положения педали хода, которая является управляющим воздействием со стороны водителя.

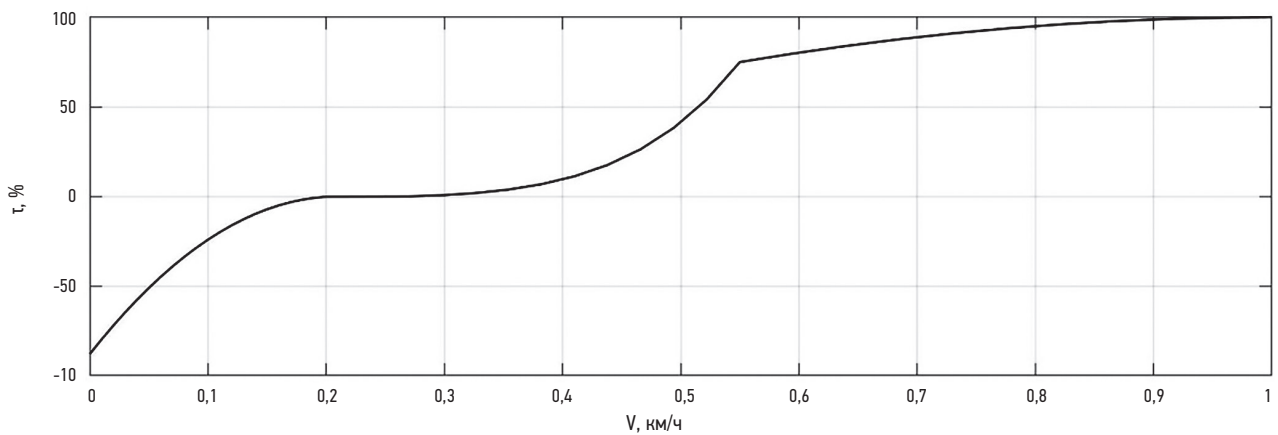
На рис. 13 представлен транслируемый сигнал педали акселератора для производителя привода.

Как видно из рис. 12 и 13, транслируемый сигнал педали акселератора при запросе тягового момента



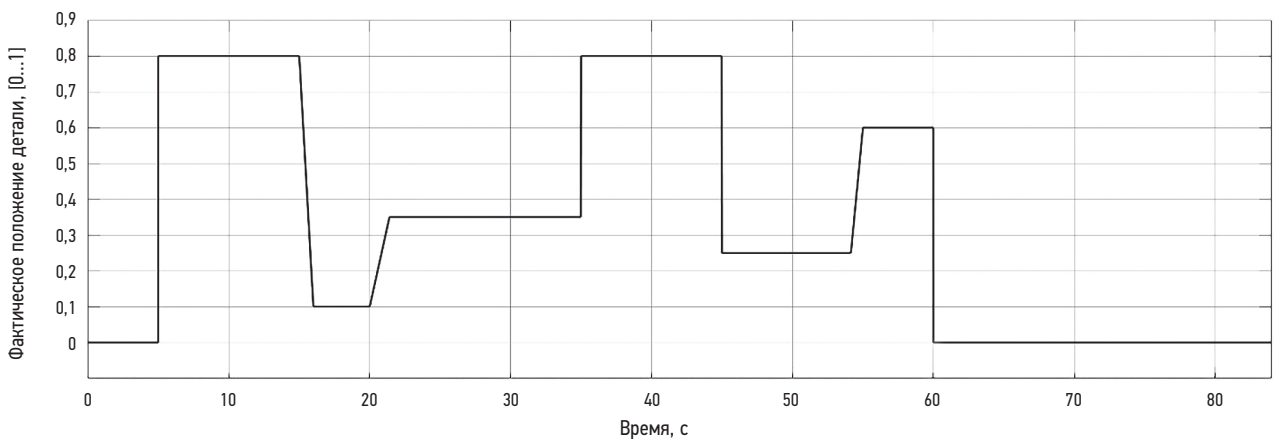
**Рис. 10.** Зависимость  $\tau_d$  от  $h_{dr}$  для электробуса КАМАЗ-6282.

**Fig. 10.** Dependence of  $\tau_d$  on  $h_{dr}$  for the KAMAZ-6282 electric bus.



**Рис. 11.** Сборка зависимости уставки момента  $\tau$  от положения педали хода  $V = 35$  км/ч.

**Fig. 11.** The assembled dependence of torque setting  $\tau$  on accelerator pedal position at  $V = 35$  km/h.



**Рис. 12.** Циклограмма изменения положения педали хода.

**Fig. 12.** The cyclogram of varying the accelerator pedal position.

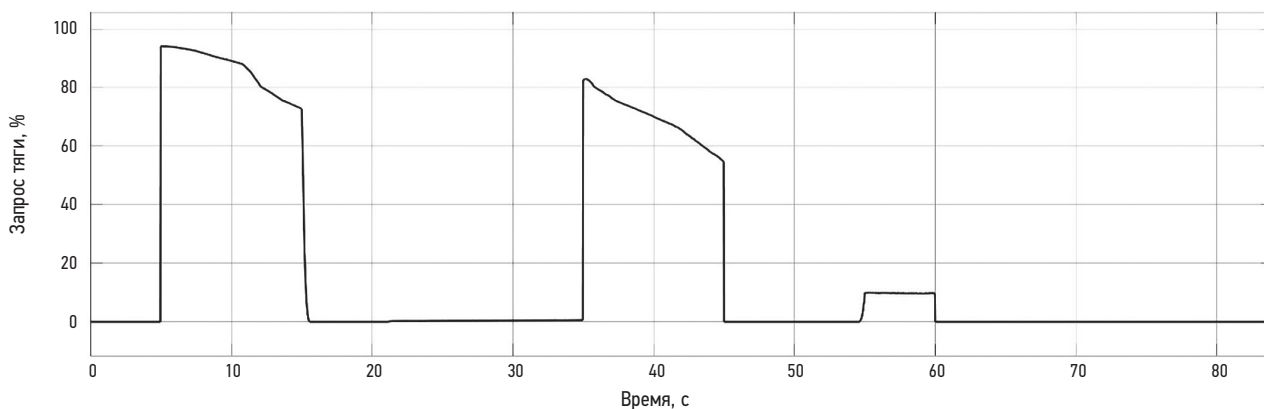


масштабируется, т.к. протяженность зоны запроса тяги меньше полного хода педали (рис. 3 и 5). На рис. 14 представлены реализации крутящих моментов на ведущих колесах электробуса полученные с помощью имитационной модели движения транспортного средства в MatLab [6].

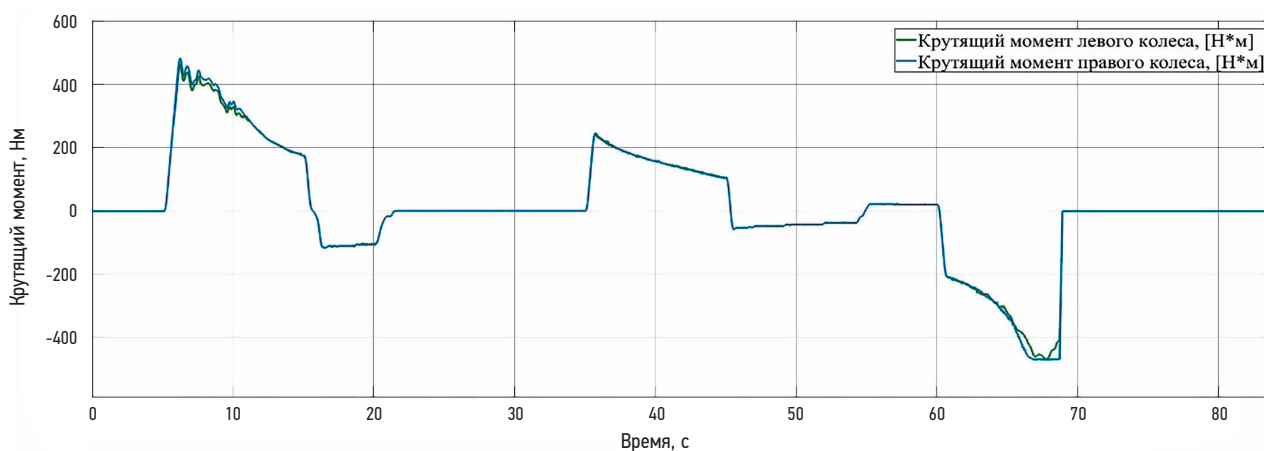
Как видно из рис. 14, крутящие моменты обрабатываются плавно, без рывков несмотря на то, что воздействие

водителя на педаль акселератора бывает достаточно резким (рис. 12).

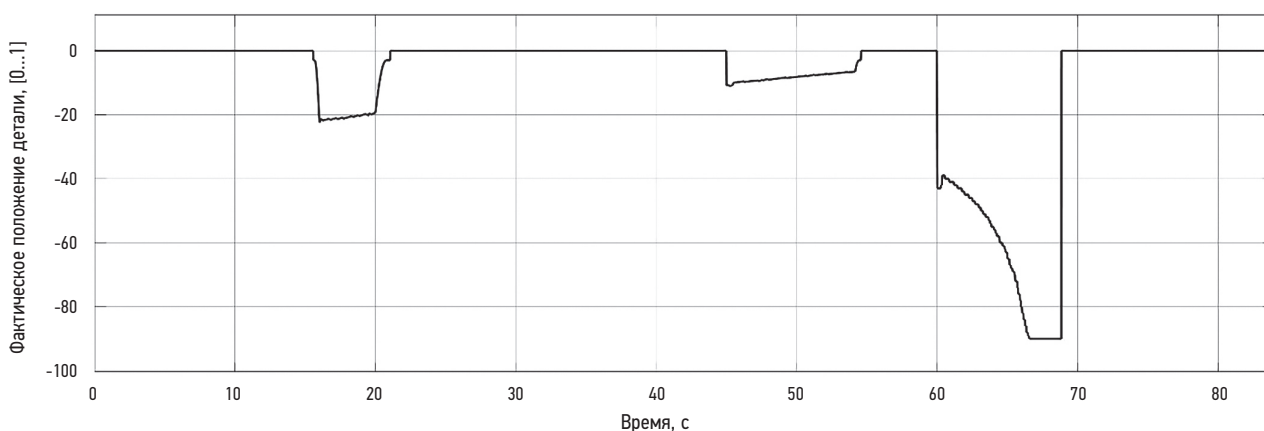
При необходимости назначить режимы движения по инерции или рекуперативного торможения транслируется положение «ноль». В последнем случае однопедальный алгоритм назначает уставки рекуперативного момента, как это показано на рис. 15.



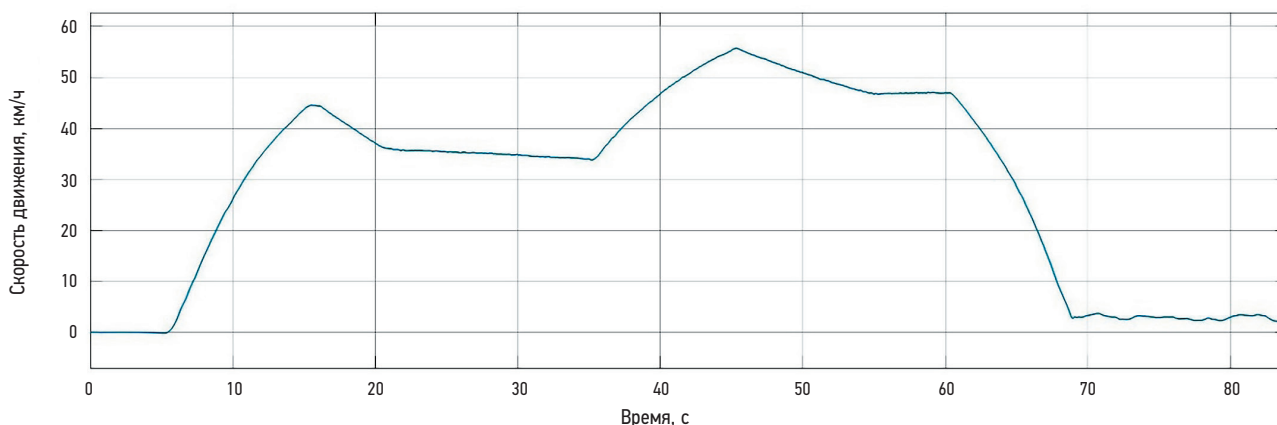
**Рис. 13.** Транслируемый сигнал педали хода.  
**Fig. 13.** The transmitted signal of the accelerator pedal.



**Рис. 14.** Реализация крутящих моментов на ведущих колесах электробуса.  
**Fig. 14.** The resulted torque at the driven wheels of the electric bus.



**Рис. 15.** Уставка рекуперативного момента при однопедальном управлении.  
**Fig. 15.** The regenerative torque setting at the single-pedal control.



**Рис. 16.** График скорости движения электробуса в процессе движения.

**Fig. 16.** The graph of motion velocity of the electric bus.

На рис. 16 показан итоговый график скорости движения электробуса в процессе движения.

График на рис. 16 свидетельствует о плавном характере изменения скорости движения и адекватной реакции электробуса на управляющие воздействия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в процессе виртуальных испытаний электробуса положительные результаты работы алгоритма однопедального управления тяговым электроприводом позволяют рекомендовать использование алгоритма при разработке систем управления с повышенной энергоэффективностью на реальном объекте.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Характеристики электробуса КАМАЗ 6282. Набережные Челны: Камаз. Дата обращения: 15.10.2022. Режим доступа: <https://kamaz.ru/upload/bus/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81%20KAMAZ-6282.pdf>
2. Жилейкин М.М., Климов А.В., Масленников И.К. Алгоритм формирования управляющего сигнала со стороны педали акселератора, обеспечивающий энергоэффективное потребление электроэнергии тяговым приводом электробуса // Известия МГТУ «МAMI». 2022. Т. 16, № 1. С. 51–60. doi: 10.17816/2074-0530-100232

## REFERENCES

1. *Characteristics of the KAMAZ 6282 electric bus*. Naberezhnye Chelny: Kamaz. Accessed: 15.10.2022. Available from: <https://kamaz.ru/upload/bus/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81%20KAMAZ-6282.pdf>
2. Zhileykin MM, Klimov AV, Maslennikov IK. Control signal algorithm of the accelerator pedal providing an effective energy

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Competing interests.** The author declares that he has no competing interests.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

3. Бирюков В.В., Порсев Е.Г. Тяговый электрический привод: учеб. пособие. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.
4. Kulas R.A., Rieland H., Pechauer J. A System Safety Perspective into Chevy Bolt's One Pedal Driving // SAE Technical Paper. 2019. Vol. 01. P. 0133. doi: 10.4271/2019-01-0133
5. Wang J., Besselink I.J.M., van Boekel J.J.P., et al. Evaluating the energy efficiency of a one pedal driving algorithm. 1–10 // 2015 European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress (EEVC 2015), Brussels, Belgium. Brussels, 2015.
6. Жилейкин М.М., Котиев Г.О. Моделирование систем транспортных средств: учебник. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020.

consumption by an electrobus traction gear. *Izvestiya MGTU MAMI*. 2022;16(1):51–60. doi: 10.17816/2074-0530-100232

3. Biryukov VV, Porsev EG. *Traction electric drive: textbook allowance*. 2nd ed. NovoSibirsk: IZD-VO NGTU; 2018.
4. Kulas RA, Rieland H, Pechauer J. A System Safety Perspective into Chevy Bolt's One Pedal Driving. *SAE Technical Paper*. 2019;01(0133). doi: 10.4271/2019-01-0133

5. Wang J, Besselink IJM, van Boekel JJP, et al. Evaluating the energy efficiency of a one pedal driving algorithm. 1–10. In: *2015 European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress (EEVC 2015), Brussels, Belgium*. Brussels; 2015.
6. Zhileikin MM, Kotiev GO. *Modeling of vehicle systems: textbook*. Moscow: MGTU im NE Baumana; 2020.

## ОБ АВТОРЕ

### **Климов Александр Владимирович,**

канд. техн. наук,  
доцент Передовой инженерной школы электротранспорта;  
руководитель службы электрифицированных автомобилей;  
адрес: Российская Федерация, 143026, Москва, ИЦ СКОЛКОВО,  
Большой бульвар, д. 62;  
ORCID: 0000-0002-5351-3622;  
eLibrary SPIN: 7637-3104;  
e-mail: klimmanen@mail.ru

## AUTHOR'S INFO

### **Alexander V. Klimov,**

Cand. Sci. (Tech.),  
Associate Professor of the Advanced Engineering School  
of Electric Transport, Head of the Electric Vehicles Department;  
address: 62 Bolshoy boulevard, 143026 Moscow,  
Russian Federation;  
ORCID: 0000-0002-5351-3622;  
eLibrary SPIN: 7637-3104;  
e-mail: klimmanen@mail.ru