

DOI: 10.34220/2311-8873-2023-53-60



УДК 62-592.64

UDC 62-592.64

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВИГАТЕЛЯ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В  
КАЧЕСТВЕ ТОРМОЗА-ЗАМЕДЛИТЕЛЯ**

**IMPROVING THE SAFETY OF MOTOR  
VEHICLES AND SAVING RESOURCES  
WHEN USING AN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE AS A VEHICLE  
DECELERATOR**

✉<sup>1</sup> **Зотов Вячеслав Михайлович**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Физика» Волгоградского государственного  
аграрного университета, г. Волгоград,  
Россия, контактный телефон: 8-919-791-23-  
63, e-mail: [zvmitn@yandex.ru](mailto:zvmitn@yandex.ru)

✉<sup>1</sup> **Zotov Vyacheslav Mikhailovich**,  
candidate of Technical Sciences, associate  
professor of the Department of Physics of the  
Volgograd State Agrarian University, Volgograd,  
Russia, e-mail: [zvmitn@yandex.ru](mailto:zvmitn@yandex.ru)

**Ширяев Сергей Александрович**,  
доцент, кандидат технических наук, декан  
факультета автомобильного транспорта  
Волгоградского государственного  
технического университета

**Shiryayev Sergey Alexandrovich**,  
associate Professor, Candidate of Technical  
Sciences, Dean of the Faculty of Motor Transport,  
Volgograd State Technical University

**Зеликов Владимир Анатольевич**,  
доктор технических наук., зав. кафедрой  
организации перевозок и безопасности  
дорожного движения Воронежского  
государственного лесотехнического  
университета им. Г.Ф. Морозова

**Zelikov Vladimir Anatolievich**,  
doctor of technical sciences., head. Department of  
Organization of Transportation and Road Safety,  
Voronezh State Forestry University named after  
G. F. Morozova

**Рябов Александр Игоревич**,  
инженер кафедры «Автомобильные  
перевозки» Волгоградского  
государственного технического  
университета, Волгоград, Россия, E-mail:  
[rjabov1603@mail.ru](mailto:rjabov1603@mail.ru)

**Ryabov Aleksandar Igorevich**,  
engineer of the Department of Road  
Transportation of the Volgograd State Technical  
University, Volgograd, Russia, e-mail:  
[rjabov1603@mail.ru](mailto:rjabov1603@mail.ru)

**Аль-Сумайдаи Фаркд Ршид Н.**,  
Ирак, Багдад, Иракский технологический  
университет, аспирант Волгоградского  
государственного технического  
университета, Волгоград, Россия

**Al-Sumaidae Farqd Rashid N.**,  
Iraq, Baghdad, Iraqi State University of  
Technology, postgraduate student of faculty of the  
automobile transport of the Volgograd state  
technical university, Volgograd, Russia

Аль-Джумаили Шихан Абдулсатар Х., Ирак, Багдад, Министерство высшего образования и научных исследований Ирака, аспирант Московского государственного политехнического университета, Москва, Россия e-mail: [abdulsatar\\_k@mail.ru](mailto:abdulsatar_k@mail.ru)

Al-Jumaili Shihan Abdulsatar H., Iraq, Baghdad, Ministry of Higher Education and Scientific Research of Iraq, postgraduate student of faculty of the automobile transport of the Moscow state Polytechnic University, Moscow, e-mail: [abdulsatar\\_k@mail.ru](mailto:abdulsatar_k@mail.ru)

#### Аннотация

В статье анализируются механические потери в двигателе внутреннего сгорания, создающие тормозной момент двигателя, исследуются параметры, влияющие на его значение. Показано, что при плановом торможении использование двигателя внутреннего сгорания в качестве тормоза-замедлителя не приводит к негативным последствиям, как для самого двигателя, так и для всех элементов трансмиссии, а своевременное переключение коробки передач на пониженную передачу сохраняет замедление автомобиля на максимально большом уровне, в результате увеличивается срок службы тормозных колодок и снижается расход топлива.

**Ключевые слова:** АВТОТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, БЕЗОПАСНОСТЬ, РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ, ТОРМОЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ.

#### Annotation

The article analyzes the mechanical losses in the internal combustion engine that create the braking torque of the engine, examines the parameters that affect its value. It is shown that during planned braking, the use of an internal combustion engine as a retarder brake does not lead to negative consequences, both for the engine itself and for all transmission elements, and timely switching of the gearbox to a reduced gear keeps the deceleration of the car at the highest possible level, as a result, the service life of the brake pads increases and fuel consumption decreases.

**Keywords:** MOTOR VEHICLES, SAFETY, RESOURCE SAVING, ENGINE BRAKING.

<sup>1</sup> Автор для переписки

### 1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Повышение разрешенной скорости движения автомобилей негативно повлияло на надежность тормозной системы и безопасность транспортных средств. При этом возрастает работа торможения и, как следствие, износ тормозных колодок, дисков и барабанов, что снижает их ресурс и требует для обеспечения надежности увеличивать затраты на их замену. В этой связи перспективным направлением повышения безопасности автотранспортных средств и ресурсосбережения является использование в качестве тормоза-замедлителя двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

При торможении автомобиля двигателем вращающиеся ведущие колеса становятся тормозными и, посредством трансмиссии, вращают коленчатый вал мотора, воспринимают его тормозной момент. При этом механические потери в двигателе и трансмиссии преобразуют кинетическую энергию автомобиля в тепловую энергию, и лишь незначительная доля энергии идет на изнашивание трущихся поверхностей в двигателе и трансмиссии. Тепловая энергия в ДВС отводится системой охлаждения. Таким образом, торможение ДВС не приводит к негативным последствиям, как для самого двигателя, так и для всех элементов трансмиссии и может улучшать эксплуатационные свойства автомобиля.

Проведенный анализ использования ДВС в качестве замедляющего тормоза показал, что практически все исследования по механическим потерям в ДВС направлены на изыскание и обоснования способов уменьшения их мощности, что повышает эффективность ДВС, но при

этом уменьшает его эффективность как тормоза-замедлителя автомобиля. Для решения существующей проблемы авторы предлагают методику торможения двигателем, заключающуюся в своевременном переключении коробки передач на пониженную передачу таким образом, чтобы сохранить замедление автомобиля на максимально возможном уровне. Модельные расчёты показывают, что такой метод торможения двигателем увеличивает срок службы тормозных колодок в 4 и более раз и снижает расход топлива на 5-7 %.

В связи с изменением правил дорожного движения в сторону повышения разрешенной скорости движения автомобилей на 20 км/ч их кинетическая энергия и работа торможения также увеличились, что негативно повлияло на надежность тормозной системы и безопасность транспортных средств. Так, при повышении скорости движения с 60 до 80 км/ч кинетическая энергия автомобиля, увеличиваются в 1,78 раза, а, следовательно, также возрастает работа торможения и износ тормозных колодок, дисков и барабанов, что снижает их ресурс и требует для обеспечения надежности увеличивать затраты на их замену.

Для снижения нагрузок на тормозную систему легкового автомобиля применяют гибридный привод, в котором помощь тормозной системе оказывает электрический генератор. На грузовых автомобилях большой грузоподъемности и автобусах большой вместимости используют дополнительные гидродинамические и электродинамические тормоза-замедлители, а также рекуператоры энергии торможения различных типов [1]. Однако использование гибридного привода и дополнительных тормозов-замедлителей существенно повышает вес и стоимость автомобиля и применяется пока ограниченно, а рекуператоры энергии торможения находятся в стадии разработки. Поэтому в настоящее время перспективным направлением повышения безопасности автотранспортных средств и ресурсосбережения является использование в качестве тормоза-замедлителя двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

## 2 Материалы и методы

При торможении автомобиля двигателем вращающиеся ведущие колеса становятся тормозными, они посредством трансмиссии вращают коленчатый вал мотора, воспринимают его тормозной момент. Он возникает вследствие механических потерь в подшипниках и при трении поршней и поршневых колец о стенки цилиндров, а также вследствие насосных потерь на газообмен и потерь во вспомогательных агрегатах. При этом механические потери в двигателе и трансмиссии преобразуют кинетическую энергию автомобиля в основном в тепловую энергию, лишь незначительная доля энергии идет на изнашивание трущихся поверхностей в двигателе и трансмиссии [2]. Теплота, возникающая в процессах трения поверхностей деталей, а также процессах сжатия газа в цилиндрах ДВС отводится системой охлаждения и передается атмосферному воздуху. Во время торможения двигателем масляный насос работает на большой частоте вращения и подается во все трущиеся пары достаточное количество масла под достаточным давлением, что уменьшает износ деталей [3]. Износ двигателя гораздо выше, когда в процессе торможения он работает на холостых оборотах с небольшой частотой вращения, поскольку давление масла в системе смазки при этом низкое [4].

Механические потери ДВС создают тормозной момент двигателя, который через трансмиссию воспринимается ведущими колесами. При этом ведущие колеса становятся тормозными, в пятне контакта с поверхностью дороги они создают тормозную силу двигателя, замедляющую движение автомобиля. Зная мощность механических потерь и частоту вращения вала ДВС тормозной момент двигателя можно определить по формуле [5]:

$$M_{ТД} = 9549 \cdot \frac{N_M}{n_B} \quad (1)$$

где  $M_{ТД}$  – тормозной момент двигателя (Н·м);  $N_M$  – мощность механических потерь в ДВС (кВт);  $n_B$  – частота вращения вала двигателя (об/мин).

Работа коробки передач при торможении двигателем отличается от ее работы при разгоне тем, что зубья шестеренок передают усилия другими сторонами, поэтому рабочие стороны зубьев не изнашиваются. Если правильно переключать передачи на механической коробке, то никаких негативных последствий для трансмиссии не будет. Для обеспечения плавного замедления автомобиля, водителю необходимо приобрести определенные навыки. Он должен быстро, непосредственно перед переключением на пониженную передачу, педалью газа повышать обороты ДВС примерно в 1,5 раза и плавно отпускать педаль сцепления.

Торможение ДВС используют на современных автомобилях, как с механической коробкой передач, так и с некоторыми видами автоматических коробок передач в следующих ситуациях:

- при торможении на скользкой дороге;
- при затяжном и крутом спуске;
- при потере устойчивости движения вследствие превышения критической скорости движения;
- при служебных торможениях с высокой скорости;
- при отсутствии возможности затормозить обычным способом, с помощью педали тормоза или ручного тормоза (при отказе тормозов).

Опытные водители считают, что на скользком дорожном покрытии торможение двигателем позволяет избежать заноса и потери управляемости автомобилем. Это связано с тем, что при таком способе торможения тормозные усилия одинаково распределяются дифференциалом между правыми и левыми ведущими колесами. Кроме того, усилия более равномерно увеличиваются, чем при нажатии на педаль тормоза, поэтому на гололеде вероятность заноса автомобиля минимальна, и он сохраняет управляемость. Торможение ДВС на затяжных и крутых спусках позволяет избежать перегрева дисков и тормозных колодок, который не только резко увеличивает их износ, но может привести и к выходу из строя.

Таким образом, торможение ДВС не приводит к негативным последствиям, как для самого двигателя, так и для всех элементов трансмиссии и может улучшать некоторые эксплуатационные свойства автомобиля.

Недостаток торможения двигателем – отсутствие горящих огней «стоп-сигнал», расположенных сзади автомобиля, так как они не включаются без нажатия на рабочий тормоз – легко преодолевается установкой датчика, срабатывающего, когда замедление автомобиля превысит заданную величину.

В литературе режим торможения двигателем называют «принудительный холостой ход»<sup>1</sup>, однако, на наш взгляд, это некорректно, поскольку понятие «холостой ход» предполагает, что частота вращения вала ДВС постоянная и минимальная (600 ... 800 об/мин). Но при торможении двигателем она изменяется, может быть весьма большой и даже максимальной.

К сожалению, режим торможения двигателем изучен недостаточно, в учебниках по теории автомобиля тормозные характеристики ДВС не приводятся. Это связано с тем, что для повышения эффективности ДВС необходимо уменьшать механические потери в двигателе, но при этом уменьшается его эффективность как тормоза-замедлителя автомобиля. Практически все исследования по механическим потерям в ДВС направлены на изыскание и обоснования способов уменьшения их мощности [6]. На рисунке 1 приведены зависимости мощности механических потерь  $N_M$  бензиновых двигателей ВАЗ-21124 (кривая 1) и ВАЗ-21126 с модернизированным поршнем (кривая 2) от частоты вращения  $n$  коленчатого вала [7].

<sup>1</sup> ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--glaldfa.xn--plai/gost-51709-2001.pdf>. – Загл. с экрана.

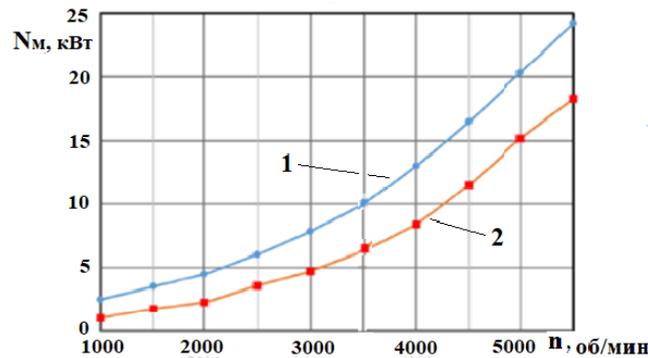


Рисунок 1 – Характеристики мощности механических потерь  $N_m$  от частоты вращения вала  $n_v$  для бензиновых двигателей: ВАЗ-21124 (кривая 1) и ВАЗ-21126 9 с модернизированным поршнем (кривая 2).

Анализ рисунка 1 показывает, что при оптимизации параметров поршня механические потери ДВС значительно снижаются. Мощность механических потерь поршневого двигателя быстро уменьшается при снижении частоты вращения вала двигателя, что негативно влияет на эффективность торможения ДВС.

### 3 Результаты и обсуждение

Для разрешения возникшего противоречия рассмотрим подробнее силы, действующие на автомобиль при его плановом (служебном) торможении.

При торможении автомобиля двигателем на горизонтальном участке дороги замедление его движения вызывается тремя силами и определяется по формуле:

$$a_\tau = \frac{F_{ТД} + F_k + F_B}{\delta \cdot m_a} \quad (2)$$

где:  $a_\tau$  – ускорение замедления автомобиля;  $F_{ТД}$  – тормозная сила двигателя;  $F_k$  – сила сопротивления качению колёс;  $F_B$  – сила сопротивления воздуха движению автомобиля;  $\delta$  – коэффициент учета вращающихся масс;  $m_a$  – масса автомобиля.

Силы, приведённые в формуле (2), определяются следующими выражениями [7].

– тормозная сила двигателя

$$F_{ТД} = \frac{M_{ТД0} \cdot i_{TR}}{r_d \cdot \eta_{TR}} + \frac{b_\tau \cdot i_{TR}^2 \cdot V_a}{r_d \cdot r_k \cdot \eta_{TR}} \quad (3)$$

где  $M_{ТД}$  – момент трения в двигателе при минимальной угловой скорости вала двигателя;  $i_{TR}$  – передаточное число трансмиссии;  $\eta_{TR}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии;  $V_a$  – скорость движения автомобиля;  $r_k$  – радиус качения колеса;  $r_d$  – динамический радиус качения колеса;  $b_\tau$  – коэффициент повышения механических потерь от угловой скорости вала двигателя.

– сила сопротивления качению колёс

$$F_k = f_k \cdot m_a \cdot g \quad (4)$$

где  $f_k$  – коэффициент трения качения колёс;  $m_a$  – масса автомобиля;  $g$  – ускорение свободного падения.

– сила сопротивления воздуха движению автомобиля

$$F_B = W_B \cdot V_a \quad (5)$$

где  $W_a$  – фактор обтекаемости автомобиля;  $V_a$  – скорость автомобиля.

Тогда получим зависимость замедления в долях  $g$  на различных передачах как функцию скорости автомобиля в процессе его торможения:

$$a_{\tau g} = \frac{1}{\delta \cdot m_a \cdot g} \cdot \left( \frac{M_{ТД0} \cdot i_{TR}}{r_k \cdot \eta_{TR}} + \frac{b_{\tau} \cdot i_{TR}^2 \cdot V_a}{r_k^2 \cdot \eta_{TR}} + f_k \cdot m_a \cdot g + W_B \cdot V_a \right) \quad (6)$$

В выражении (6) принято  $r_d \approx r_k$ , что с хорошей степенью точности выполняется при плановом торможении<sup>2</sup>

На рис. 2. приведены расчетные зависимости замедлений современного легкового автомобиля от скорости в процессе торможения ДВС на горизонтальном участке дороги на различных передачах. Анализ рис. 2 показывает, что в начале торможения двигателем со скорости  $V_{H4} = 120$  км/ч на IV-ой передаче замедление автомобиля равно  $0,11g$ . Это значительно меньше замедления автомобиля на мокром асфальтобетонном покрытии  $\Psi = 0,3g$ , поэтому риск заноса автомобиля очень мал. В процессе торможения двигателем на IV-ой передаче замедление автомобиля уменьшается до  $0,04g$ , что связано с особенностью характеристики мощности механических потерь ДВС (см. рис. 1). При этом скорость автомобиля может быть снижена в 3 раза – до 40 км/ч, в двигателе будет погашено 90 % кинетической энергии автомобиля. Дальнейшее снижение скорости можно осуществлять рабочей тормозной системой или перейти на II-ю передачу. В последнем случае замедление сначала увеличится до  $0,15g$ , а на скорости 20 км/ч снизится до  $0,09g$ . Завершить торможение целесообразно с помощью рабочей тормозной системы, поскольку на первой передаче начальное замедление увеличивается, что повышает риск заноса, а в процессе торможения оно круто снижается, что уменьшает эффективность.

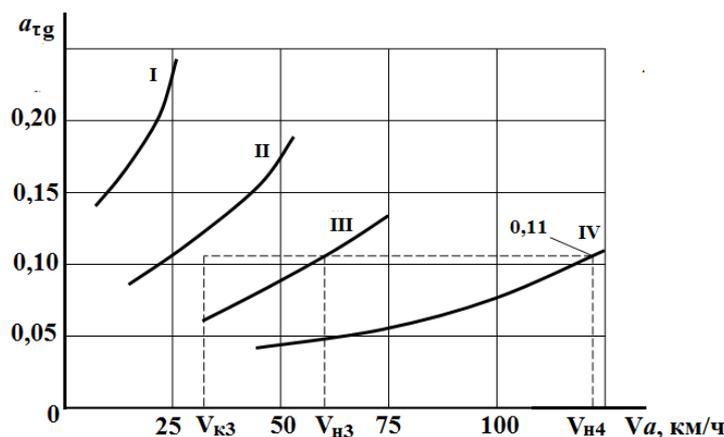


Рисунок 2 – Зависимости замедлений современного легкового автомобиля от скорости в процессе торможения двигателем внутреннего сгорания на горизонтальном участке дороги на различных передачах.

Возможна и другая технология, обеспечивающая более комфортное торможение с меньшим колебанием замедления. Пример действия такой технологии показан на рисунке 2:

<sup>2</sup> Зотов В.М. Процесс служебного торможения автомобиля // [Мир транспорта](#), 2013 г. т. 11, № 3 (47) – с. 70-73

при движении автомобиля на IV-ой передаче необходимо снизить скорость со 120 км/ч до 60 км/ч, затем переключить на III-ю передачу. На III-ей передаче торможение происходит с тем же начальным замедлением, равным  $0,11g$ , при этом скорость автомобиля снижается с 60 км/ч до 30 км/ч. Завершить торможение следует также с помощью рабочей тормозной системы.

#### 4 Обсуждение и заключения

Система торможения автомобиля ДВС относится к вспомогательной тормозной системе, которую можно использовать как отдельно, так и вместе с рабочей тормозной системой. На автомобилях с повышенной массой для повышения эффективности торможения на спусках вспомогательная система автомобиля снабжается моторным тормозом-заслонкой, которой перекрывается выпускной трубопровод для увеличения тормозного момента двигателя.

Вспомогательную тормозную систему, считают выдержавшей проверку эффективности торможения, если она обеспечивает установившееся замедление не менее  $0,05g$  для автомобиля разрешенной максимальной массы, а для автомобиля в снаряженном состоянии с водителем –  $0,08g$ .

Анализ рисунка 2 показывает, что торможение автомобиля в диапазоне скорости, определенной ГОСТом при испытаниях вспомогательной тормозной системы (25-35 км/ч), может осуществляться на второй передаче, на которой минимальное замедление ( $0,09g$ ) выше, определенного ГОСТом установившегося замедления для автомобиля разрешенной максимальной массы ( $0,08g$ )<sup>3</sup>. Следовательно, можно сделать вывод, что эффективность торможения современного автомобиля двигателем удовлетворяет требованию действующего ГОСТа. Однако такие низкие значения замедлений не обеспечивают осуществление эффективных служебных торможений автомобиля двигателем.

Авторами было проведено исследование замедления маршрутного такси при эксплуатации на городском маршруте. В результате установлено, что за счёт рабочей тормозной системы оно находится в диапазоне от  $0,26g$  до  $0,31g$ . В связи с этим существует необходимость повышать эффективность использования торможения двигателем с целью экономии ресурсов. Как показали расчеты, снижение скорости маршрутного такси в 2 раза за счёт торможения двигателем, увеличивает ресурс тормозных колодок в 4 раза, а расход топлива сокращает на 5-7% [8].

#### Список литературы

1 Методика выбора типа и параметров системы рекуперации энергии торможения для маршрутного автобуса / Рябов И. М., Арсланов М. А., Юсупов Ю. Г., Минатуллаев Ш. М. // Воронежский научно-технический вестник № 4(22) декабрь 2017 с. 10-15.

2 Рябов И.М. Оценка доли кинетической энергии автобуса, накапливаемой в аккумуляторе системы рекуперации при торможении / И.М. Рябов, Ю.Г. Юсупов, С.А. Ширяев, Ш.М. Минатуллаев, / Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт № 4 (21) / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2017. – С. 34-36.

3 Оценка повышения экологической безопасности при использовании систем рекуперации энергии торможения на автомобильном пассажирском транспорте / Ширяев С.А., Рябов И. М., Юсупов Ю.Г., Омарова З.К. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика Издательство: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. Воронеж, 2016. С. 132-136.

4 Оценка экономической эффективности модернизации городских автобусов и автомобилей-такси путем установки системы рекуперации энергии торможения / И.М. Рябов,

<sup>3</sup> ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--glaldfa.xn--plai/gost-51709-2001.pdf>. – Загл. с экрана.

З.К. Омарова, Ю.Г. Юсупов, С.В. Данилов // Грузовик 2019, № 8 С. 36-40.

5 Рябов, И.М. Обоснование целесообразности постоянного использования двигателя для служебных торможений автомобиля / И.М. Рябов, Аль-Сумайдаи Ф.Р., И.М. Титов, С.В. Данилов / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 3 (62). С. 10-19.

6 Карелина, М.Ю. Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар, А.В. Пыдрин // Грузовик. – 2015. – № 2. – С. 29-37.

7 Рябов И.М. Особенности механических потерь в ДВС и их влияние на процесс торможения автомобиля двигателем/ И.М. Рябов, Аль-Сумайдаи Ф.Р. / Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт № 4 (29) / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2019. – С. 37-43.

8 Рябов И.М. Оценка ресурсосбережения при использовании ДВС автомобиля в качестве тормоза-замедлителя при служебных торможениях / И.М. Рябов, Аль-Сумайдаи Ф.Р. / Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт № 4 (21) / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2019. – с. 33-37.

### References

1 Methodology for selecting the type and parameters of the braking energy recovery system for a shuttle bus / Ryabov I. M., Arslanov M. A., Yusupov Yu. G., Minatullaev Sh. M. // Voronezh Scientific and Technical Bulletin No. 4(22) December 2017 pp. 10-15.

2 Ryabov I.M. Estimation of the share of kinetic energy of the bus accumulated in battery recovery system during braking / I.M. Ryabov, Yu.G. Yusupov, S.A. Shiryaev, Sh.M. Minatullaev, / Energy and resource conservation: industry and transport No. 4 (21) / Volgograd State Technical University. – Volgograd, 2017. – pp. 34-36.

3 Assessment of environmental safety improvement when using braking energy recovery systems in automobile passenger transport / Shiryaev S.A., Ryabov I. M., Yusupov Yu.G., Omarova Z.K. // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice Publishing House: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov. Voronezh, 2016. pp. 132-136.

4 Assessment of the economic efficiency of modernization of city buses and taxi cars by installing a braking energy recovery system / I.M. Ryabov, Z.K. Omarova, Yu.G. Yusupov, S.V. Danilov // Truck 2019, No. 8 pp. 36-40.

5 Ryabov I.M. Justification of the expediency of constant use of the engine for service braking of the car / I.M. Ryabov, Al-Sumaydai F.R., I.M. Titov, S.V. Danilov / Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI). 2020. No. 3 (62). pp. 10-19.

6 Karelina, M.Yu. Investigation of the effect of nanostructuring of tribo-conjugation surfaces on the performance characteristics of engines / M.Yu. Karelina, S.M. Gaidar, A.V. Pydrin // Truck. – 2015. – No. 2. - pp. 29-37.

7 Ryabov I.M. Features of mechanical losses in the internal combustion engine and their effect on the process of braking a car engine/ I.M. Ryabov, Al-Sumaydai F.R. / Energy and resource conservation: industry and transport No. 4 (29) / Volgograd State Technical University. – Volgograd, 2019. – pp. 37-43.

8 Ryabov I.M. Resource saving assessment when using the internal combustion engine of a car as a retarder brake during service braking / I.M. Ryabov, Al-Sumaydai F.R. / Energy and resource saving: industry and transport No. 4 (21) / Volgograd State Technical University. – Volgograd, 2019. – pp. 33-37.

© Зотов В. М., Ширяев С.А., Зеликов В. А., Рябов А. И., Аль-Сумайдаи Фаркд Ршид Н., Аль-Джумаили Шихан Абдулсатар Х, 2023