

Научная статья
УДК 631.3.076(470.64)
doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-91-100

Режимные факторы и регулировочные параметры автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской республики

Владимир Сагидович Койчев¹, Владимир Исмелович Батыров²,
Анзор Леонидович Болотоков^{✉3}

¹Калининградский филиал Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, ул. Советская, д. 10, г. Полесск, Калининградская обл., Россия, 238630

^{2,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹labtsm@yandex.ru

²batyrov.53@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4058>

^{✉3}anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Аннотация. В статье на основании анализа параметров автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской Республики показано, что время работы двигателей на неустановившихся режимах в зависимости от назначения энергетической установки может составлять до 95% их рабочего времени. Установлено, что на величину момента, развиваемого двигателем при переходном режиме, основное влияние оказывают условия организации рабочего процесса, зависящие от потребителя мощности двигателя. Приведены связи между воздействующими факторами, режимами работы и выходными показателями автомобиля, рекомендуемые скоростные режимы при разгоне и относительная подача топлива в зависимости от условий движения для грузовых автомобилей и автобусов. Исследования показали, что при снижении пути ездового цикла с 3000 до 300 м практически в 2 раза возрастает расход топлива и, как следствие, ухудшается эффективность работы автомобиля. Поэтому каждая случайная остановка способствует ухудшению экономичности работы автомобиля. Результаты исследований свидетельствуют о том, что существует необходимость дифференцированного учета этих условий при проектировании, испытаниях и эксплуатации автомобилей, а также углубленного изучения скоростных и нагрузочных режимов их работы для установления качественной и количественной их связи с показателями скоростных свойств и топливной экономичности. Для автомобильного подвижного состава Кабардино-Балкарской Республики стандартные условия маршрутов эксплуатации рекомендовано дополнить горно-равнинными.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, эксплуатация, параметры, режим, цикл, маршрут

Для цитирования. Койчев В. С., Батыров В. И., Болотоков А. Л. Режимные факторы и регулировочные параметры автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 91–100. doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-91-100

Original article

Mode factors and adjusting parameters of automobile engines when operating in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic

Vladimir S. Koichev¹, Vladimir I. Batyrov², Anzor L. Bolotokov^{✉3}

¹Kaliningrad Branch of St. Petersburg State Agrarian University, 10 Sovetskaya street, Polessk, Kaliningrad region, Russia, 238630

^{2,3}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹labtsm@yandex.ru

²batyrov.53@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4058>

^{✉3}anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Abstract. In the article, based on the analysis of the parameters of automobile engines during operation in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic, it is shown that the operating time of engines in unsteady modes, depending on the purpose of the power plant, can be up to 95% of their working time. It has been established that the magnitude of the torque developed by the engine in the transient mode is mainly influenced by the conditions for organizing the working process, which depend on the consumer of the engine power. The links between the influencing factors, operating modes and output indicators of the car, recommended speed modes during acceleration and relative fuel supply depending on driving conditions for trucks and buses are given. Studies have shown that with a short driving cycle path, fuel consumption increases sharply and, as a result, the efficiency of the car deteriorates. Therefore, every accidental stop contributes to the deterioration of the efficiency of the car. The research results indicate that there is a need for a differentiated consideration of these conditions in the design, testing and operation of vehicles, as well as an in-depth study of the speed and load modes of their operation in order to establish their qualitative and quantitative relationship with indicators of speed properties and fuel efficiency. For automobile rolling stock of the Kabardino-Balkarian Republic, it is recommended to supplement the standard operating route conditions with mountain-flat condition.

Keywords: car, engine, operation, parameters, mode, cycle, route

For citation. Koichev V.S., Batyrov V.I., Bolotokov A.L. Regime factors and adjusting parameters of automobile engines during operation in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):91–100. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-91-100

Введение. Режимы работы агрегатов и автомобиля в целом, значительно влияющие на его производительность и экономичность, зависят от множества эксплуатационных и иных факторов [1–6], так как автомобиль является частью достаточно сложной системы «водитель – автомобиль – дорога – среда». Последние два элемента системы (дорога – среда) будем рассматривать как стабильные.

Под термином «режим работы автомобиля» будем понимать его скоростные, нагрузочные и тепловые режимы работы, т. е. те режимы, которые непосредственно влияют на производительность и топливную экономичность автомобиля, т. е. на эффективность его эксплуатации. Эти режимы тесно связаны между собой и в определенной мере управляемы. Водитель поддерживает нормальный тепловой режим двигателя и по возможности агрегатов трансмиссии и ходовой части, прогревая их при пробеге автомобиля перед началом его работы.

Режим работы двигателя, при котором его крутящий момент и угловая скорость непрерывно изменяются во времени, принято называть неустановившимся.

Длительность неустановившегося режима и характер изменения параметров работы

двигателя определяется назначением энергетической установки.

Время работы двигателей на неустановившихся режимах в зависимости от назначения энергетической установки может составлять до 95% их рабочего времени.

Цель исследования – обоснование режимных факторов и регулировочных параметров автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы и объекты исследования. База исследования – результаты функционирования автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской Республики. В ходе исследований использованы методы обработки статистических данных. Объект исследования – автомобильные двигатели.

Результаты исследования. Достаточным признаком работы двигателя на неустановившемся режиме служит изменение по времени хотя бы одного из параметров:

$$\frac{dN_e}{dt} = \frac{d(M_e \omega)}{dt} = \frac{dM_e}{dt} \omega + \frac{d\omega}{dt} M_e,$$

где:

N_e – мощность двигателя, кВт;

M_e – эффективный крутящий момент, Н·м;

ω – угловая скорость вращения коленчатого вала, с^{-1} .

Одновременное изменение двух параметров типично для установок с независимой схемой управления двигателем и потребителем мощности. Изменение во времени только одного из параметра режима характерно для двигателей установок с совместным управлением двигателем и потребителем мощности.

Наиболее распространёнными неустановившимися режимами двигателей энергетических установок являются переходные режимы от одного установившегося режима к другому. Наименование переходного режима работы двигателя часто отождествляют с наименованием переходного режима энергетической установки. Так, например, переходный режим работы двигателя при разгоне транспортного средства называют разгоном, при возрастании нагрузки потребителя – приёмом нагрузки [7–10].

Для перехода системы двигатель – потребитель с установившегося режима работы на неустановившийся необходимо, чтобы к ней был приложен импульс момента силы, величина которого превосходила периодическую составляющую крутящего момента исходного установившегося режима. Источником такого импульса может быть двигатель при воздействии на органы его управления или потребитель при изменении отбираемой им мощности. В первом случае появление импульса момента силы связано с изменением подачи топлива за цикл. Во втором случае появление импульса вызывается изменением подачи топлива за цикл под воздействием системы автоматического регулирования или оператора. Возможно также появление импульса момента силы и у двигателя, и у потребителя мощности, в том числе равных по величине.

Среди многообразия переходных режимов работы двигателя наибольшее значение имеют режимы, от которых зависит производительность или качество технологического процесса, осуществляемого энергетической установкой [11–15]. Эти режимы называются «определяющими». Как правило, они связаны с наибольшим изменением цикловых подач топлива. К таким режимам относят работу двигателя при разгоне транспортных средств (ТС) с малой скорости движения до номинальной, работу дизель-генератора при приёме полной нагрузки, работу двигателя с по-

стоянной мощностью при преодолении ТС повышенного сопротивления движению, пуск двигателя.

На переходных режимах двигатель может работать при положении органа регулирования подачи топлива и при таком значении угловой скорости вращения, которые характерны для установившихся режимов работы двигателя – по характеристикам: внешней, скоростной, постоянной мощности, нагрузочной. Например, при разгоне ТС двигатель работает при положении органа регулирования подачи топлива на упоре непрерывном изменении угловой скорости вращения коленчатого вала, что наблюдается также при установившихся режимах при работе по внешней скоростной характеристике.

Характеристики установившихся режимов работы двигателя не зависят от типа потребителя и представляют собой последовательную (по частоте вращения или положению органа регулирования) совокупность статических, т. е. неизменных по времени, параметров работы двигателя. Одним из важнейших таких параметров является эффективный крутящий момент.

На величину момента, развиваемого двигателем при переходном режиме, основное влияние оказывают условия организации рабочего процесса, зависящие от потребителя мощности двигателя. Каждому потребителю мощности свойственна определённая зависимость момента потребителя M_n от угловой скорости вращения ω вала, т. е. $M_n = f(\omega)$, которую можно изменять (настраивать) в зависимости от режима работы.

Связи скоростных и нагрузочных режимов с воздействующими на них факторами видны из схемы связи воздействующих факторов и режимов работы с выходными показателями автомобиля (рис. 1). В качестве входных данных информации водителя приняты характеристики дороги и маршрута, ограничения и помехи движению, метеорологические условия и заданная средняя скорость движения. Пользуясь этой информацией, водитель соответствующим образом воздействует на скоростной режим автомобиля и, как следствие, на нагрузочный и тепловой режимы. Скоростной режим определяет среднюю скорость движения на маршруте, а вместе с нагрузочным и тепловым режимами – средний расход топлива.

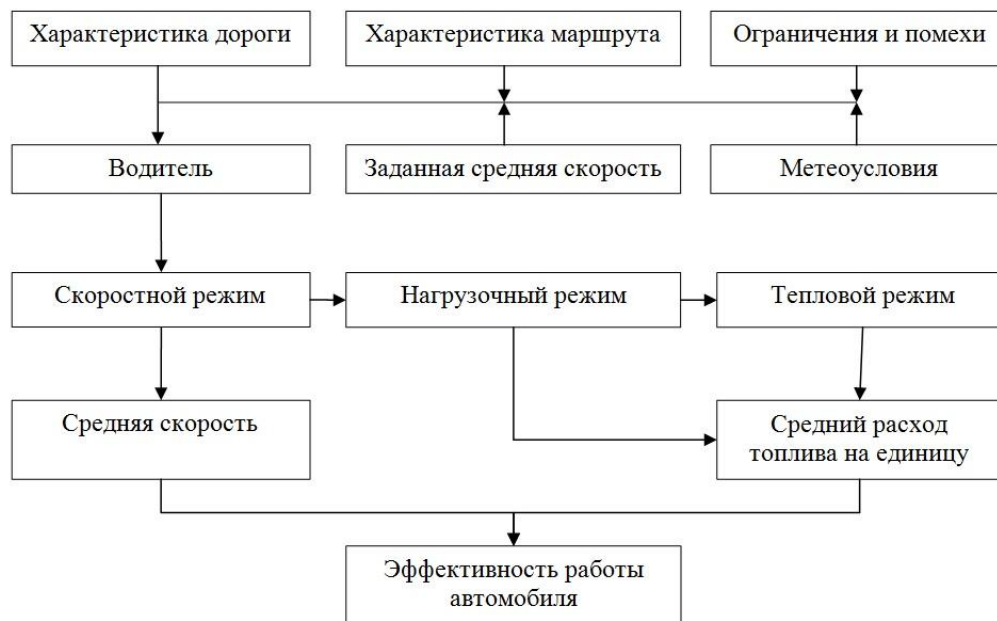


Рисунок 1. Схема связи между воздействующими факторами, режимами работы и выходными показателями автомобиля

Figure 1. Diagram of the relationship between influencing factors, operating modes and output indicators of the car

Эффективность работы автомобиля, принятая в качестве выходного параметра, представляет собой удельную производительность, определяемую по выражениям:

$$\omega = m_n \frac{v_{cp}}{Q_s}, \text{ Т} \cdot \text{км}^2 / (\text{л} \cdot \text{ч}),$$

или

$$\omega = m_n \frac{v_{cp}}{Q_\omega}, \text{ Т}^2 \cdot \text{км}^2 / (\text{л} \cdot \text{ч}),$$

где:

m_n – масса полезного груза, т;

v_{cp} – средняя скорость перемещения груза, км/ч;

Q_s и Q_ω – расход топлива, л/км пробега или л/(т·км), соответственно.

В зависимости от условий эксплуатации водитель должен выбирать такой режим движения, который обеспечивал бы наибольшую эффективность работы автомобиля, которая в значительной степени зависит от среднего пути ездового цикла и средней скорости движения. При этом установлена вполне определенная связь указанных факторов с подачей топлива в фазе разгона. С учетом этого водитель должен рационально задавать скоростной режим в зависимости от конкретных условий движения.

Рекомендуемые скоростные режимы при разгоне и относительная подача топлива в зависимости от условий движения для грузовых автомобилей и автобусов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость относительной подачи топлива от условий движения
Table 1. Dependence of relative fuel supply on driving conditions

Маршруты	Средний путь ездового цикла, м	Конечная скорость разгона, км/ч	Подача топлива, %
Городские	до 300	до 40	100
	400–600	40–50	100
	700–1000	50–60	75–100
Пригородные	1000–2000	60–80	75–100
Магистральные	3000 и более	80 и более	50–70

Установлено, что при малом пути ездового цикла резко возрастает расход топлива и, как следствие, ухудшается эффективность работы автомобиля. Поэтому каждая случайная остановка способствует ухудшению экономичности работы автомобиля. Отметим, что остановка за перекрестком (светофором) всегда выгоднее, чем перед ним. При приближении к перекрестку при красном сигнале светофора можно рассчитать движение так, чтобы проехать перекресток без остановки. Это следует учитывать специалистам службы движения в городах при планировке маршрутов городского транспорта.

В каждом ездовом цикле водитель должен стремиться сократить путь на режимах разгона и установившегося движения и увеличить на режиме замедления. Чем меньше путь и выше скорость разгона, тем больше должна быть подача топлива, и наоборот. Чем выше степень использования высших передач трансмиссии, тем экономичнее транспортная работа.

При движении автомобиля по магистральной дороге самым эффективным будет режим, при котором топливно-скоростной показатель (отношение скорости V к расходу топлива Q_s) имеет наибольшее значение. Его можно легко определить по топливной характеристике автомобиля.

Применение импульсивного движения «разгон – выбег» на горизонтальном участке дороги по сравнению с равномерным движением не дает существенных преимуществ. Но использование выбега на пологих спусках (движение под углом) заметно повышает топливную экономичность автомобиля и показатель его эффективности. Однако, пользуясь выбегом, не следует забывать о безопасности движения.

При соблюдении рекомендуемых оптимальных режимов движения и стиля езды можно добиться существенной экономии топлива и повышения эффективности работы автомобильного подвижного состава. Поэтому основные рекомендуемые эксплуатационные режимы движения, режимы работы двигателя и трансмиссии должны быть оговорены в инструкции по эксплуатации автомобиля. К таким рекомендациям можно отнести соблюдение заданной максимально допус-

каемой скорости движения, выбор режима разгона в зависимости от конечной скорости и длины пути возможного движения с этой скоростью, выбор момента перехода на режим замедления, применение плавного торможения и наиболее высоких ступеней трансмиссии при движении и т. п.

При рациональном вождении не только достигается существенная экономия топлива, но и уменьшается износ двигателя, шин, тормозных механизмов и других агрегатов, а также повышается безопасность движения и снижается утомляемость водителей.

При улучшении технического обслуживания достигается снижение расхода топлива до 5% и более, а также повышается эффективность использования автомобилей в эксплуатации.

Изменение полезной нагрузки оказывает определенное влияние на расход топлива и скорость движения автомобиля. Однако это влияние неоднозначно: при движении автомобиля по дорогам с усовершенствованным покрытием высокого качества с возрастанием полезной нагрузки средняя скорость снижается, но производительность увеличивается; расход топлива на единицу пути повышается, но на единицу массы уменьшается; увеличивается нагрузка на шины, подвеску и кузов. В таких случаях экономическая эффективность той или иной полезной нагрузки может быть определена только с учётом всех действующих факторов. При этом нельзя забывать, что даже на дорогах с усовершенствованным покрытием, но плохого качества (с выбоинами) использование предельной нагрузки может привести к чрезмерным динамическим перегрузкам, а в отдельных случаях и к поломкам деталей автомобиля.

Под эксплуатационно-техническими условиями работы автомобиля понимают те конкретные условия его содержания и обслуживания, которые имеются в эксплуатации. К ним можно отнести качество применяемых топлива и масел, условия хранения автомобиля, качество технического обслуживания, квалификацию водителя, соблюдение рекомендуемых нагрузочных и скоростных режимов работы и т. д. Все это влияет в определенной степени на производительность и экономичность работы автомобиля.

Таким образом, полезная нагрузка, дорожно-климатические, метеорологические, эксплуатационно-технические и прочие условия эксплуатации автомобилей оказывают существенное влияние на их скорость движения и расход топлива. Всё это подчёркивает необходимость дифференцированного учета этих условий при проектировании, испытаниях и эксплуатации автомобилей, а также углубленного изучения скоростных и нагрузочных режимов их работы для установления качественной и количественной их связи с показателями скоростных свойств и топливной экономичности.

Реальные маршруты движения воплощают определенные условия эксплуатации, которые непосредственно относятся к работе автомобиля на линии. Они выступают одним из важнейших факторов, определяющих производительность и экономичность работы автомобиля.

Все разнообразие условий эксплуатации не поддается математическому описанию, и поэтому характеристики маршрутов можно отнести к случайным событиям. Они зависят от расположения маршрута, наличия и состояния дорог, числа промышленных предприятий и населённости региона, плотности движения автотранспорта, пешеходов, плана и структуры землепользования сельхозтоваропроизводителей, расположения пунктов грузотправления и грузопоглощения и многих других факторов.

Что касается условий эксплуатации автотранспорта в Кабардино-Балкарии, то они являются уникальными. Значительная часть территории, следовательно, и автодорог, расположена в равнинной и предгорной зоне. Вместе с тем, больше половины территории КБР расположена в горной и высокогорной (туристско-курортной и горнолыжной) зоне. Кроме этого, КБР одна из немногих, интенсивно использующих летние отгонные пастбища, где от 4 до 5 месяцев в году скот содержится на малозатратных, высокогорных пастбищах. Здесь практически в одну рабочую смену автомобиль может сменить равнинные условия эксплуатации на предгорные или горные, а может и те и другие, и наоборот.

Дорожные и эксплуатационно-технические факторы, с одной стороны, и конструктивные – с другой, оказывают непосредственное воз-

действие на скоростные и нагрузочные режимы автомобиля. Они определяют производительность и экономичность его работы. Поэтому углубленное изучение режимов работы автомобиля в эксплуатации, их типизация позволяют с наибольшей вероятностью оценить скоростные свойства и топливную экономичность автомобилей методами физического моделирования режимов на дорогах автополигона и математического моделирования.

Далее необходимо выявить встречающиеся в условиях эксплуатации скоростные режимы движения и условно их классифицировать на основе обобщения многолетнего опыта, накопленного при испытаниях автомобилей. Согласно такой классификации все скоростные режимы движения разделены на три основных вида: равномерное (установившееся); неравномерное (неустановившееся) и циклическое.

Равномерное движение является условным из-за отсутствия строго горизонтальных дорог и движения без помех, но выделено в качестве самостоятельного ввиду его практической важности и простоты изучения. Режимы неравномерного (неустановившегося) движения включают режимы ускоренного (разгон) и замедленного (фаза замедления и торможения) движения.

Режимы неравномерного движения подразделяются на режимы равноускоренного (равнозамедленного) движения и неравноускоренного (неравнозамедленного) движения. Одним из примеров неравномерного движения может служить режим безостановочного движения, при котором скорость изменяется из-за сопротивления движению и помех в потоке транспорта.

Режим циклического движения характеризуется определенным системным сочетанием составляющих фаз движения. Типичным примером является движение карьерных автосамосвалов. Циклические режимы движения можно разделить на два основных вида: без остановок и с остановками. Все встречающееся в эксплуатации разнообразие циклов движения образует ряд составляющих режимов или фаз движения.

Различают следующие основные фазы (режимы) движения: разгон, установившееся движение, замедление и торможение. Целесообразность выделения тормозного режима

в самостоятельную фазу движения обусловлена наличием понятия «тормозное качество автомобиля», а также удобством проведения анализа циклических режимов движения. Для четкости разделения фаз замедления и торможения условно принимают, что к первой (фаза замедления) относятся все режимы замедленного движения с отрицательным ускорением меньше единицы, а ко второй (фаза торможения) – от единицы и более. Фаза замедления включает выбег (движение накатом с включенной передачей) и замедление при торможении двигателем, тормозом – замедлителем или вспомогательным тормозом.

К фазе торможения относится процесс торможения рабочим тормозом с интенсивностью, соответствующей отрицательному ускорению не менее 1 м/с^2 .

Сравнительный анализ разнообразных режимов движения показывает, что, несмотря на существенные различия по амплитуде и частоте колебаний скорости, частоте режимов разгона и замедления, частоте остановок, значению скоростных диапазонов и т. д., они имеют общий характер протекания.

При определенном допущении можно принять, что скоростные режимы движения автомобилей в различных условиях эксплуатации являются сочетанием режимов разгона или замедления и режимов, близких к равномерному движению. Кроме того, можно считать, что в общем случае движения автомобиля скоростные режимы представляют собой сложные циклы движения с остановками, состоящие из различных составляющих циклов движения без остановок, случайно располо-

женных и имеющих случайное сочетание фаз. При различном качественном и количественном сочетании фаз циклы движения могут иметь самые разнообразные формы, величину пути и скорости. Причем, чем разнообразнее условия движения, тем больше различаются формы скоростных циклов движения.

В одинаковых условиях движения скоростные режимы автомобилей даже разных типов (грузовой, легковой, городской автобус) имеют общий характер изменения, например, при движении в городе – циклический с остановками. Циклы «разгон – замедление – торможение» и «разгон – установившееся движение – замедление – торможение» принимаются в качестве типовых.

Выводы. Наряду с общими признаками следует отметить характерное различие скоростных режимов в зависимости от условий эксплуатации (магистральные, горные, городские) и типа автомобиля. Эти различия касаются амплитуды и частоты колебаний скорости, расстояний между остановками, диапазона и уровней изменений скорости.

Для каждого типа автомобиля и различных условий эксплуатации есть свой характерный, преобладающий над другими, скоростной режим движения, который может быть принят в качестве основного или базового при исследовании тех или иных эксплуатационных качеств.

Стандартные условия маршрутов эксплуатации автомобильного подвижного состава в Кабардино-Балкарской Республике должны быть дополнены горно-равнинными.

Список литературы

1. Батыров В. И., Губжиков Х. Л., Болотоков А. Л. Особенности работы дизеля в высокогорных условиях // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 31–32.
2. Болотоков А. Л., Губжиков Х. Л. Влияние механических примесей в дизельном топливе на работоспособность дизельной форсунки // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3(29). С. 104–108.
3. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Шекихачева Л. З., Болотоков А. Л. Экологические требования к автотранспортным средствам // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 4(26). С. 75–80.
4. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I. [et al.] Influence of fractional composition of fuel on engine performance // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 677. 042086. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042086.

5. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Критерии оценки качества функционирования топливной аппаратуры // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3(29). С. 99–103.
6. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Особенности протекания рабочего процесса дизеля в условиях высокогорья Кабардино-Балкарской республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 2(28). С. 117–121.
7. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Карданов К. Х. Основные пути повышения стабильности параметров топливоподачи тракторных дизелей // АгроЭкоИнфо. 2018. № 2(32). С. 55.
8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K. [et al.] Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. Pp. 737–742.
9. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Chechenov M.M. [et al.] Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines // Journal of Physics: Conference Series. 2020. 1515(4). 042029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042029.
10. Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z. [et al.] Prediction of service life of auto-tractor engine parts // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 862(3). 032001. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032001.
11. Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л. Влияние оптимизации параметров топливоподачи на экономическую эффективность дизеля // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(33). С. 110–115.
12. Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л. Анализ влияния выходных параметров на производительность топливоподкачивающего насоса // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(33). С. 94–99.
13. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2020. 1679. 042063. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/4/042063.
14. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I. [et al.] Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 677. 042084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084.
15. Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л. Влияние параметров топливоподающей аппаратуры на характеристику впрыскивания топлива // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 85–88.

References

1. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotokov A.L. Features of the diesel engine at high altitudes. *Sel'skij mekhanizator* [Selskiy Mechanizator]. 2017;(2):31–32. (In Russ.)
2. Bolotokov A.L., Gubzhokov H.L. Influence of mechanical admixtures in diesel fuel On the performance of a diesel injector. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;3(29):104–108. (In Russ.)
3. Shekihachev Yu.A., Batyrov V.I., Shekihacheva L.Z., Bolotokov A.L. Environmental requirements for motor vehicles. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;4(26):75–80. (In Russ.)
4. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Bolotokov A.L., Shekikhacheva L.Z. Influence of fractional composition of fuel on engine performance. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 677. 042086. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042086.
5. Batyrov V.I., Shekihachev Yu.A. Fuel equipment quality assessment criteria. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;3(29):99–103. (In Russ.)
6. Batyrov V.I., Shekihachev Yu.A. Peculiarities of diesel engine working process in high-mountain conditions of Kabardino-Balkarian republic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;2(28):117–121. (In Russ.)
7. Shekihachev Yu.A., Batyrov V.I., Kardanov K.H. Use of biofuel as the alternative energy source in agriculture. *AgroEkoInfo*. 2018;2(32):55. (In Russ.)
8. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K. [et al.] Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018;9(6):737–742. (In Russ.)

9. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Chechenov M.M., Kardanov H.B., Shekikhacheva L.Z. Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. 1515(4). 042029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042029.
10. Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z., Bolotokov A.L., Gubzhokov H.L. Prediction of service life of auto-tractor engine parts. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 862(3). 032001. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032001
11. Gubzhokov H.L., Bolotokov A.L. Influence of optimization of fuel supply parameters on the economic efficiency of a diesel. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):110–115. (In Russ.)
12. Bolotokov A.L., Gubzhokov H.L. Analysis of the influence of output parameters on the performance of the fuel pump. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):94–99. (In Russ.)
13. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance. *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*. 2020. 1679. 042063. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/4/042063.
14. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I. [et al.] Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 677. 042084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084.
15. Bolotokov A.L., Gubzhokov H.L. Influence of fuel supply equipment parameters on fuel injection characteristic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1(27):85–88. (In Russ.)

Сведения об авторах

Койчев Владимир Сагидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механизации сельского хозяйства, Калининградский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4880-7508, Author ID: 346984.

Батыров Владимир Исмелович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технического обслуживания и ремонта машин в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Author ID: 270325, Scopus ID: 57214136440.

Болотоков Анзор Леонидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технического обслуживания и ремонта машин в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7116-4270, Author ID: 751712, Scopus ID: 57214128830.

Information about the authors

Vladimir S. Koichev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Mechanization, Kaliningrad Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", SPIN-code: 4880-7508, Author ID: 346984.

Vladimir I. Batyrov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Maintenance and Repair of Machines in the Agroindustrial Complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN: 1074-2232, Author ID: 270325, Scopus ID: 57214136440.

Anzor L. Bolotokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Maintenance and Repair of Machines in the Agroindustrial Complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN: 7116-4270, Author ID: 751712, Scopus ID: 57214128830.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 18.04.2022;
одобрена после рецензирования 06.05.2022;
принята к публикации 11.05.2022.*

*The article was submitted 18.04.2022;
approved after reviewing 06.05.2022;
accepted for publication 11.05.2022.*