

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Научная статья
УДК 621.313.2-8
DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Система инерционно-электростартерного
пуска двигателя внутреннего сгорания

Александр Хасанович Абаев^{✉1}, Эльвира Константиновна Качмазова²,
Ахмад Маллабоевич Умирзоков³

^{1,2}Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

³Таджикский технический университет имени академика М. С. Осими, проспект академиков Раджабовых, 10, Душанбе, Республика Таджикистан, 734042

^{✉1}al.abaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7747-9114>

²e1_kachmazova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4734-4488>

³ahmad.umirzokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9966-2359>

Аннотация. В статье исследованы способы эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при низких температурах. Для повышения надежности запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах автомобилестроение пошло по пути снижения сопротивления вращению коленчатого вала за счет предпускового прогрева двигателя (прогрев охлаждающей жидкости системы охлаждения и прогрев масла в поддоне двигателя). Кроме того, опубликованы работы ученых и получены патенты на изобретения, посвященные эффективности запуска двигателя при низких температурах за счет повышения качества работы системы пуска двигателя. Однако эти системы пуска двигателей не реализованы в автомобилестроении – одни из-за несовершенства конструкций, сокращающих ресурс их элементов, другие – из-за сложности конструкций, увеличивающих массу узла и вызывающих длительную нагрузку на аккумулятор. Разработана эффективная система инерционно-электростартерного пуска двигателя при низких температурах. Система состоит из аккумулятора, замка зажигания трехпозиционного (двухпозиционного для дизельных двигателей), электростартера, реле тягового с обмоткой и замыкающим контактом, рычага привода шестерни, шестерни приводной, венца маховика коленчатого вала, муфты электромагнитной, маховика и муфты обгонной. Муфта обгонная, маховик и полумуфта ведущая электромагнитной муфты установлены на валу якоря неподвижно. Шестерня приводная установлена на ведомом валу полумуфты электромагнитной муфты шлицевым соединением. Разработанная инерционно-электростартерная система пуска позволит обеспечить безотказный запуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) стартером с раскрученным предварительно якорем до наибольших частот. При этом используются моменты инерции вращения якоря стартера, муфты обгонной, маховика и полумуфты ведущей электромагнитной муфты.

Ключевые слова: электростартер, аккумулятор, электромагнитная муфта, втягивающее реле, обгонная муфта, маховик, момент инерции

Для цитирования: Абаев А. Х., Качмазова Э. К., Умирзиков А. М. Система инерционно-электро-стартерного пуска двигателя внутреннего сгорания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 62–70. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Original article

Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine

Aleksandr Kh. Abaev^{✉1}, Elvira K. Kachmazova², Akhmad M. Umirzokov³

^{1,2}Gorsky State Agrarian University, 47 Kirova Street, Vladikavkaz, Russia, 362019

³Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, 10 academicians Radjabovs' Avenue, Dushanbe, Tajikistan, 734042

^{✉1}al.abaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7747-9114>

²el_kachmazova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4734-4488>

³ahmad.umirzokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9966-2359>

Abstract. This article focuses on improving the reliability of starting internal combustion engines (ICEs) at low temperatures. Methods for effectively starting ICEs at low temperatures are explored. To improve the reliability of starting an internal combustion engine at low temperatures, the automotive industry has taken the path of reducing crankshaft rotational resistance by pre-heating the engine (warming up the coolant in the cooling system and warming up the oil in the engine sump). In addition, scientists have published works and received patents for inventions dedicated to the efficiency of engine starting at low temperatures by improving the quality of the engine starting system. However, these engine starting system designs have not been implemented in the automotive industry, some due to design imperfections that reduce the lifespan of their components, others due to design complexity that increases the weight of the unit and causes prolonged stress on the battery. An efficient inertia-electric starter system for starting an engine at low temperatures has been developed. The system consists of a battery, a three-position ignition switch (two-position for diesel engines), an electric starter, a traction relay with a winding and a normally open contact, a pinion drive lever, a drive pinion, a crankshaft flywheel ring gear, an electromagnetic clutch, a flywheel, and an overrunning clutch. The overrunning clutch, flywheel, and the drive half-clutch of the electromagnetic clutch are fixedly mounted on the armature shaft. The drive pinion is mounted on the driven shaft of the electromagnetic clutch half-clutch using a splined connection. The developed inertial-electric starter system will ensure trouble-free starting of an internal combustion engine (ICE) using a starter with the armature pre-spun to its highest speed. This utilizes the moments of inertia of the starter armature, overrunning clutch, flywheel, and the half-clutch of the leading electromagnetic clutch.

Keywords: electric starter, gear, flywheel ring, storage battery, electromagnetic clutch, starting relay, overrunning clutch

For citation: Abaev A.Kh., Kachmazova E.K., Umirzokov A.M. Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2026;2(52):62–70. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-62-70

Введение. Холодный запуск двигателя представляет собой сложный физико-химический процесс, при котором все системы автомобиля работают в экстремальных условиях. При низких температурах происходят кардинальные изменения в свойствах технических жидкостей, геометрии деталей и условиях смесеобразования [1, 2].

Основные изменения при понижении температуры воздуха включают увеличение вязкости моторного масла в 5–15 раз, снижение эффективности испарения топлива на 40–60%, уменьшение емкости аккумуляторной батареи на 30–50% и изменение геометрических зазоров между деталями двигателя из-за температурного сжатия металлов.

Самые низкие температуры в России наблюдаются в восточной части страны, в частности в Республике Саха (Якутия) и на Крайнем Севере. Экстремально низкие температуры характерны для Якутии ($-36...-71$ °С), Магаданской области ($-25...-37$ °С), Иркутской области и Таймыра ($-19...-25$ °С).

В предгорьях Северного Кавказа зимой температура может сильно варьироваться в зависимости от высоты. В равнинной части средняя температура колеблется от 0 до -5 °С. Ночные температуры часто опускаются ниже нуля (около $-3...-6$ °С), редко ниже -6 °С. В горах значительно холоднее. Столбик термометра может упасть до $-10...-15$ °С и даже ниже в особо холодные периоды.

На Северном Кавказе Транскавказская автомагистраль (Транскам) и Военно-Грузинская дорога, которые являются федеральными, соединяют Россию с Закавказьем. В Кабардино-Балкарии есть две федеральные дороги, проходящие через перевал Гумбаши: «А-149» («Черкесск – Архыз») и «А-157» («Домбай – Адлер»).

Зимой перевалы полностью покрываются снегом и являются опасными из-за лавин, сильных ветров и холода. Зимняя дорога на перевале может быть труднопроходимой. Автомобили часто простаивают из-за схода лавин и снежных заносов. Помимо транзитных автомобилей на федеральных дорогах в горах эксплуатируются автомобили физических и юридических лиц, специальные машины, обслуживающие дороги, фермы, лыжные базы и лыжные склоны.

Эксплуатация техники при низких температурах требует особого подхода, что включает специальную подготовку техники, правильный выбор технических жидкостей и топлива, особенности запуска двигателя и прогрева, а также соблюдение мер предосторожности при движении по морозной дороге и грунту.

Цель исследования – обеспечить безотказный пуск двигателя внутреннего сгорания при низких отрицательных температурах воздуха, снижение энергозатрат и как результат этого – повышение срока службы аккумуляторов посредством повышения эффективности работы системы пуска.

Материалы, методы и объекты исследования. Материал исследования – автомобили КамАЗ, ГАЗ, Урал, трактор Кировец. Метод исследования – системный анализ, моделиро-

вание и логические методы. Объектом исследования является двигатель внутреннего сгорания.

В рамках исследования был проведен поиск материалов в интернете и патентный поиск по вопросам повышения эффективности запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах.

На рисунке 1 представлена схема способов эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах.

Эффективный запуск двигателей внутреннего сгорания при низких температурах посредством прогрева масла в поддоне открытым пламенем – наиболее ранний способ. Подогрев осуществляли бензиновой паяльной лампой, факелами, позднее газовыми горелками. До широкого применения антифриза в системе охлаждения прогрев двигателя осуществляли заливкой горячей воды в систему охлаждения до момента, когда из сливных краников не пойдет горячая вода. Открытым пламенем также прогревали трансмиссионное масло в картере коробки перемены передач. Данный метод наиболее простой, но трудоемкий и пожароопасный.

Методы запуска двигателей внутреннего сгорания при низких температурах с предварительным прогревом масла нагревательной пластиной в поддоне, тэном в поддоне или сливной тен-пробкой поддона пришли на смену прогреву масла в поддоне открытым пламенем.

Основные недостатки запуска двигателей внутреннего сгорания при низких температурах посредством прогрева масла в поддоне электрическими нагревателями:

– питание нагревателей осуществляется переменным током 220 В;

– не осуществляется прогрев двигателя и салона автомобиля.

Предпусковой прогрев двигателя (дизельного, бензинового) посредством прогрева охлаждающей жидкости системы охлаждения жидкостными подогревателями наиболее широко применяется на сегодняшний день.

На грузовых автомобилях КамАЗ, МАЗ, ЗИЛ, КРАЗ, УРАЛ применяется предпусковой подогреватель двигателя 14ТС-10-24-С сб.2875 ПЛАНАР (24 В) 15 кВт. На легковых автомобилях и газелях применяется предпусковой подогреватель двигателя российского производства Бинар (бензин 12 В).



Рисунок 1. Способы эффективного запуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах

Figure 1. Methods for effectively starting an internal combustion engine at low temperatures

Сегодня на рынке представлен широкий спектр предпусковых подогревателей двигателей китайского производства (ONSEN (Бензин/дизель 12 В), Kinkonk/Heataero (Дизель 24 В), 5500 (Бензин/дизель 12 В). Наиболее авторитетной на рынке предпусковых подогревателей для двигателей автомобилей считается немецкая фирма Webasto.

Подогреватель подсоединяется к системе охлаждения двигателя машины. Для работы ему нужен воздух и топливо, а также аккумуляторная батарея (топливный насос, циркуляционный насос для охлаждающей жидкости, воздухоподогреватель – эти устройства потребляют электрическую энергию). Подогреватель может питаться от автономного аккумулятора или быть подключен к бортовой электрической сети. Воздух устройство берет с улицы, а бензин или дизельное топливо – из бака, хотя возможна установка отдельного топливного бака специально для подогревателя. Это позволяет использовать дизельные приборы на бензиновых машинах или наоборот. Отдельный насос и нагнетатель подают топ-

ливо и воздух в камеру сгорания. Тепло, выделяющееся при сжигании смеси, греет охлаждающую жидкость, которая прокачивается через теплообменник. Горячая жидкость циркулирует по системе, прогревая мотор. Она же через радиатор отопителя может обогреть и салон машины.

Достоинства жидкостных предпусковых подогревателей: прогрев мотора до 90 °С; обогрев салона машины; работа без подключения к сети 220 В; низкое потребление топлива; легкий монтаж; простота в обслуживании; безопасный запуск; экономия ресурса двигателя, времени и топлива.

Недостатки жидкостных предпусковых подогревателей: высокая цена (качественный обогреватель стоит недешево); при низких температурах емкость аккумуляторной батареи уменьшается на 30–50%; жидкостный предпусковой подогреватель двигателя во время работы значительно разряжает аккумуляторную батарею.

Электрический подогреватель двигателя, работающий от внешней электросети, уста-

навливается в блок цилиндров. Основным элементом подобной конструкции является электрическая спираль, которую монтируют в блок цилиндров. Антифриз нагревается спиралью, затем циркулирует в системе охлаждения. Эффективность такой системы несколько ниже жидкостных предпусковых подогревателей, да и прогрев занимает больше времени.

Достоинства электрического подогревателя двигателя: дешевизна; простота установки и обслуживания; аккумуляторная батарея автомобиля не разряжается. Недостатки электрического подогревателя двигателя: работа с подключением к сети 220 В; длительный процесс прогрева двигателя; высокий расход электроэнергии; при прогреве мотора невозможно обогреть салон машины.

Газ является альтернативным видом топлива бензину и дизтопливу [3–5]. Наиболее широко распространен природный газ (метан) и сжиженный нефтяной газ (смесь пропана и бутана – СНГ). Применение СНГ в качестве моторного топлива в связи с его экологичностью и невысокой стоимостью является экономически выгодным.

Сегодня на автомобилях с бензиновыми двигателями широко применяется газовое топливо. Однако выявлено, что запуск двигателя автомобиля на газе при низких температурах воздуха значительно осложнен. Наиболее экономичным и надежным средством облегчения запуска двигателя, работающего на газе в холодное время года, является использование тепловой подготовки топлива. Это осуществляется посредством разогрева редуктора-испарителя и находящегося в нем СНГ горячим воздухом. Но это улучшает лишь процесс смесеобразования и воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя, но не снижает сопротивление вращению коленчатого вала.

Известна система электростартерного пуска ДВС, содержащая аккумулятор, электростартер, втягивающее реле с замыкающими контактами, муфту свободного хода с зубчатым колесом, аппарат коммутационный, механизм управления. Данная система электростартерного пуска не обеспечивает надежный пуск двигателя внутреннего сгорания в процессе эксплуатации при низких отрицательных температурах воздуха. Отказы происходят из-за того, что запуск самого стартера и зацепление его шестерни с венцом маховика

ДВС происходят одновременно. При запуске двигателя даже в нормальных эксплуатационных условиях высокий пиковый ток, потребляемый стартером, является недостатком, поскольку приводит к повышенной нагрузке на аккумуляторную батарею (АКБ).

Отдача энергии аккумулятора снижается вследствие увеличения ее внутреннего сопротивления и снижения емкости при низких отрицательных температурах. Кроме того, при этом момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала ДВС резко увеличивается из-за повышения вязкости масла.

Ранее С. Б. Аджиманбетов предложил систему двухэтапного электростартерного пуска [6]. В своей работе он использовал принцип работы двухрежимной электрической бесступенчатой трансмиссии, широко освещенный в научной литературе [7–9]. Однако при её работе возникают ударные нагрузки, сокращающие ресурс элементов. Позже им была разработана система двухрежимного пуска [8], в которой применён планетарный редуктор, обеспечивающий две скорости вращения. Несмотря на эффективность, данная конструкция сложна, увеличивает массу узла и вызывает длительную нагрузку на аккумулятор.

Результаты исследований. Разработана и предложена эффективная схема инерционно-электростартерного пуска двигателя (рис. 2).

Схема состоит из аккумулятора 1, замка зажигания трехпозиционного (двухпозиционного для дизельных двигателей) 2, электростартера 3, реле тягового с обмоткой и замыкающим контактом 4, рычага привода шестерни 5, шестерни приводной 6, венца маховика коленчатого вала 7, муфты электромагнитной (кольца контактные 8, щетки 9, полумуфта ведомая 10, индуктор 11, полумуфта ведущая 12), маховик 13 и муфта обгонная 14 [10–12].

Муфта обгонная 14, маховик 13 и полумуфта ведущая 12 электромагнитной муфты установлены на валу якоря неподвижно. Шестерня приводная установлена на ведомом валу полумуфты электромагнитной муфты шлицевым соединением.

Инерционно-электростартерная система пуска ДВС работает следующим образом. Сначала трехпозиционный замок зажигания устанавливается в первую позицию, что позволяет подать ток к системе зажигания. Далее замок зажигания устанавливается во вторую позицию.

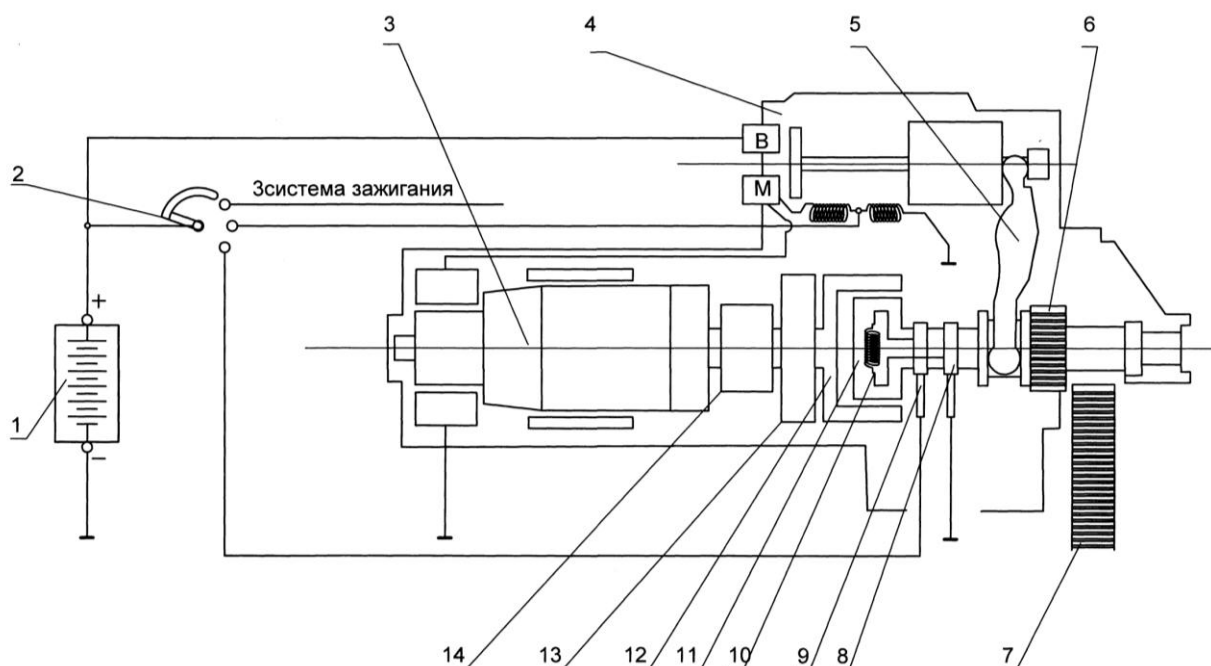


Рисунок 2. Система инерционно-электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания:

1 – аккумулятор; 2 – трехпозиционный замок зажигания (для дизельных двигателей двухпозиционный); 3 – электростартер; 4 – тяговое реле с замыкающим контактом и обмоткой; 5 – рычаг привода шестерни; 6 – приводная шестерня; 7 – венец маховика коленчатого вала; электромагнитная муфта; 8 – контактные кольца; 9 – щетки; 10 – ведомая полумуфта; 11 – индуктор; 12 – ведущая полумуфта; 13 – маховик; 14 – обгонная муфта

Figure 2. Inertial-electric starter system for starting an internal combustion engine:

1 – battery; 2 – three-position ignition switch (two-position for diesel engines); 3 – electric starter; 4 – traction relay with closing contact and winding; 5 – pinion drive lever; 6 – drive pinion; 7 – crankshaft flywheel ring gear, electromagnetic clutch; 8 – slip rings; 9 – brushes; 10 – driven half coupling; 11 – inductor; 12 – leading half coupling; 13 – flywheel; 14 – overrunning clutch

Ток подается как к системе зажигания, так и к тяговому реле. В результате срабатывания тягового реле механизм привода стартера вводит приводную шестерню в зацепление с зубчатым венцом маховика, и подается ток к обмоткам возбуждения стартера. Начинается вращение вала якоря стартера вместе с обгонной муфтой 14, маховиком 13 и ведущей полумуфтой электромагнитной муфты.

В момент, когда якорь стартера набирает максимальную частоту вращения (соответствует максимальной потенциальной мощности стартера и максимальной суммарной кинетической энергии вращения якоря стартера, обгонной муфты, маховика и ведущей полумуфты электромагнитной муфты), замок зажигания устанавливается в третью позицию, включается электромагнитная муфта.

От стартера через электромагнитную муфту крутящий момент передается к маховику коленчатого вала двигателя. Двигатель запускается. После начала работы двигателя механизм привода стартера выводит шестерню привода из зацепления с зубчатым венцом маховика. Замок зажигания переводится в первую позицию.

Выводы. Разработанная система инерционно-электростартерного пуска позволит обеспечить эффективный запуск двигателя внутреннего сгорания при низких температурах за счёт использования инерционного момента вращающихся частей. Повышается надёжность пуска, снижаются энергозатраты и ударные нагрузки, увеличивается срок службы аккумуляторной батареи и стартера.

Список литературы

1. Исследование режимов работы дизельных двигателей тракторов в реальных условиях эксплуатации / Ю. А. Шекихачев, В. И. Батыров, Р. А. Балкаров [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 4(262). С. 14–19. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-4-14-19. EDN: IRSNXN
2. Investigation of coking diesel injector spray nozzles in operation / A. Apazhev, Yu. Shekikhachev, V. Batyrov [et al.] // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. С. 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201020. EDN: VSOXIQ
3. Оптимизация состава трехкомпонентной биотопливной смеси / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, В. И. Батыров, А. Л. Болотоков // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 102–111. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-102-111. EDN: SLCGVE
4. Influence of non-uniformity of fuel supply parameters on diesel engine performance / A.K. Apazhev, Yu.A. Shekikhachev, V.I. Batyrov, L.Z. Shekikhacheva // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, 2020. P. 42063. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/3/042063. EDN: CYJQIJ
5. Metrological and methodological support for bench studies of diesel engines / Yu.A. Shekikhachev, R.A. Balkarov, M.M. Chechenov [et al.] // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, 2020. P. 42029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042013. EDN: WUHDMX
6. Патент 2462611 Российская Федерация, МПК F02N 15/02. Система электростартерного пуска ДВС / С. Б. Аджиманбетов, А. А. Глабец, М. Г. Голобоков; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2010153553/07; заявл. 27.12.2010; опубл. 27.09.2012, Бюл. № 27. 5 р. EDN: APCRVL
7. Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics / A.K. Apazhev, Yu.A. Shekikhachev, V.I. Batyrov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2021. P. 42084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084. EDN: ADOSXI
8. Надежность топливных насосов высокого давления / Ю. А. Шекихачев, Р. А. Балкаров, В. Б. Дзуганов [и др.] // Сельский механизатор. 2026. № 2. С. 10–13. DOI: 10.47336/0131-7393-2026-2-10-11-12-13. EDN: CAUQAJ
9. 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. EDN: ZUJDBQ
10. Патент 2479744 Российская Федерация, МПК F02N 11/00. Система двухрежимного электростартерного пуска ДВС / С. Б. Аджиманбетов; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2010153553/07; заявл. 13.09.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11. 5 с. EDN: ZGQWAN
11. Патент 2638957 Российская Федерация, МПК F02N 15/02, F02N 11/00, F16D 43/24. Система инерционно-электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания / А. Х. Абаев, С. Э. Гасанов, А. С. Абаев [и др.]; патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. № 2016148098; заявл. 07.12.2016; опубл. 19.12.2017, Бюл. № 35. 8 с. EDN: CLESGZ
12. Абаев А. Х., Качмазова Е. И. Облегченный пуск двигателя внутреннего сгорания // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий: материалы международной научно-практической конференции. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2018. Т. 1. С. 271–273. EDN: YRKMSL

References

1. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Balkarov R.A. [et al.]. Investigation of operating modes of tractor diesel engines in real operating conditions. Machinery and equipment for rural area. 2019;4(262):14–19. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2019-4-14-19. EDN: IRSNXN
2. Apazhev A., Shekikhachev Yu., Batyrov V. [et al.]. Investigation of coking diesel injector spray nozzles in operation. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021)*. E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201020/ EDN: VSOXIQ

3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Bolotokov A.L. Optimization of the composition of a three-component biofuel mixture. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022;3(37):102–111. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-102-111. EDN: SLCGVE
4. 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*. Krasnoyarsk, 2020. P. 42063. (In Russ.). DOI: 10.1088/1742-6596/1679/3/042063. EDN: CYJQIJ
5. 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. *JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations*. Krasnoyarsk, 2020. P. 42029. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/4/042013. EDN: WUHDMX
6. Patent 2462611 Russian Federation, IPC F02N 15/02. Electric starter system of internal combustion engine start. S.B. Adzhimanbetov, A.A. Glabets, M.G. Golobokov; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2010153553/07; declared 27.12.2010; publ. 27.09.2012, Bull. No. 27. 5 p. (In Russ.). EDN: APCRVL
7. 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 Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall*. Krasnoyarsk, 2021. P. 42084. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042084. EDN: ADOSXI
8. Shekikhachev Y.A., Balkarov R.A., Dzuganov V.B. [et al.]. Reliability of high-pressure fuel pumps. *Sel'skiy mekhanizator*. 2026;(2):10-13. (In Russ.). DOI: 10.47336/0131-7393-2026-2-10-11-12-13. EDN: CAUQAJ
9. Batyrov V.I., Shekikhachev Yu.A. Peculiarities of diesel engine working process in high-mountain conditions of Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;2(28):117–121. (In Russ.). EDN: ZUJDBQ
10. Patent 2479744 Russian Federation, IPC F02N 11/00. Ice two-mode electric starter system. S.B. Adzhimanbetov; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2010153553/07; declared 13.09.2011; publ. 20.04.2013, Bull. No. 11. 5 p. (In Russ.). EDN: ZGQWAH
11. Patent 2638957 Russian Federation, IPC F02N 15/02, F02N 11/00, F16D 43/24. System of inertia-electric starting of internal combustion engine system of inertia-electric starting of internal combustion engine. A.Kh. Abaev, S.E. Gasanov, A.S. Abaev [et al.]; proprietor: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. No. 2016148098; declared 07.12.2016; published 19.12.2017, Bull. No. 35. 8 p. (In Russ.). EDN: CLESGZ
12. Abaev A.Kh., Kachmazova E.I. Simplified of ic-engine start-up. *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa gornyh i predgornyh territorij: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex of mountain and foothill territories: Proceedings of the international scientific and practical conference]. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2018. Vol. 1. Pp. 271–273. (In Russ.). EDN: YRKMSL

Сведения об авторах

Абаев Александр Хасанович – кандидат технических наук, доцент кафедры техники и технологии наземного транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 6550-3848

Качмазова Эльвира Константиновна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5977-5260

Умирзоков Ахмад Маллабоевич – кандидат технических наук, доцент, Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими, SPIN-код: 8000-4010

Information about the authors

Aleksandr Kh. Abaev – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Land Transport Engineering and Technology, Gorskij State Agrarian University, SPIN-code: 6550-3848

Elvira K. Kachmazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technical systems in agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5977-5260

Akhmad M. Umirzokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, SPIN-code: 8000-4010

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

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 28.04.2026;
одобрена после рецензирования 20.05.2026;
принята к публикации 27.05.2026.*

*The article was submitted 28.04.2026;
approved after reviewing 20.05.2026;
accepted for publication 27.05.2026.*