

Перспективные особенности тепловых аккумуляторов двигателей наземных транспортных средств

А.В. Колунин

Московский политехнический университет, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Динамика развития научно-технического прогресса такова, что для современной мировой экономики характерны слишком высокие темпы добычи полезных ископаемых, которые опережают процессы естественного возобновления. Истощение запасов природных ресурсов оказывает влияние на геополитическую обстановку. Арктическая зона в наши дни относится к разряду тех немногих территорий планеты, где сохранилась кладёшь залежей. Целый ряд государств предъявляют свои права на территории заполярных регионов. Неподдельный интерес к освоению Арктики базируется на комплексе стратегических и экономических основ. Защита и обеспечение национальных интересов России предусмотрена указом Президента № 645 от 26 октября 2020 г. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Характерной особенностью заполярных регионов являются отрицательные температуры. Последние негативно влияют на рабочие процессы поршневых двигателей, процессы смены фазовых состояний жидких топлив при подготовке топливовоздушной смеси, препятствуют гомогенизации рабочего тела и успешному пуску. Поэтому требуется тепловая подготовка. Существующие методы тепловой подготовки двигателей наземных транспортных средств отличаются неоправданно высокой энергопотребляемостью и трудоёмкостью. Современная наука предлагает новые технологии в решении вопросов тепловой подготовки на основе аккумуляирования, хранения и реализации тепловой энергии, вырабатываемой двигателем в процессе применения.

Цель работы — целостное представление новых решений в области тепловой подготовки двигателей, а также решений, направленных на повышение энергоэффективности и приспособленности наземных транспортных средств к применению в арктических условиях.

Материалы и методы. Метод анализа свойств химических соединений, применимых в качестве теплоаккумулирующего материала, а также анализа свойств конструкционных материалов теплового аккумулятора фазового перехода индукционного типа, рассматриваемого в качестве нового, технологичного и энергосберегающего решения задач тепловой подготовки поршневых двигателей наземных транспортных средств.

Результаты. Описанные особенности теплового аккумулятора представляют фундаментальные знания и задают направление новым технологическим разработкам материалов и техники для применения в арктических условиях.

Заключение. Тепловой аккумулятор фазового перехода индукционного типа, относящийся к разряду высокоэнергоэффективных буферных систем для хранения и реализации тепла в рамках тепловой подготовки, заслуживает внимания со стороны конструкторов, разработчиков базовых двигателей наземных транспортных средств, ориентированных на условия отрицательных температур холодного климата.

Ключевые слова: тепловой аккумулятор фазового перехода; полиэтилен высокой плотности; гидроксид октагидрат бария; отрицательные температуры; тепловая подготовка двигателя; успешный пуск двигателя; теплоаккумулирующий материал; теплообменные процессы.

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Колунин А.В. Перспективные особенности тепловых аккумуляторов двигателей наземных транспортных средств // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 3. С. x-y. DOI: 10.17816/0321-4443-633392 EDN: ROQJRM

Prospective Features of Heat Accumulators of On-Ground Vehicles Engines

Alexander V. Kolunin

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Dynamics of scientific and technological progress are such that the modern world economy features excessively high rates of mineral extraction, which outpace the processes of natural renewal. Depletion affects on geopolitical conditions. Nowadays, the arctic area is one of a few areas in the world that contain huge mineral resources. A number of states lay claims on transpolar territories. The true interest to exploration the Arctic is based on set of strategic and economic grounds. Protection and ensuring national interests of Russia is provided by the Presidential Decree No. 645 “On strategy of development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035” dated October 26, 2020. Main feature of transarctic regions is negative air temperature. The latter negatively influences on working processes of piston engines, processes of phase state change of liquid fuel at air-fuel mix preparation, hinders working body homogenization and successful start. Therefore, heat preparation is needed. The existent methods of heat preparation of on-ground vehicles engines have unreasonable high energy and labor consumption. The modern science proposes new technology in solving the issues of heat preparation based on accumulation, storage and deploying heat energy produced by an engine during application.

AIM: Full review of new solutions in field of heat preparation of engines, solutions aimed to increase of energy efficiency and vehicle adaptation to be used in arctic conditions.

METHODS: The method of analysis of properties of the chemicals used as a heat-accumulating material; the method of analysis of properties of the engineering materials of an induction-type phase transition heat accumulator considered as new, technological and energy-saving solution of problems of heat preparation of piston engines of on-ground vehicles.

RESULTS: The described features of a heat accumulator present fundamental knowledge and give the direction to new technological development of materials and machinery for using in arctic conditions.

CONCLUSION: The induction-type phase transition heat accumulator, related to the group of highly efficient buffer systems for heat storage and deployment within the heat preparation, is noteworthy for design engineers, developers of basic internal combustion engines aimed to cold climate conditions with negative temperatures.

Keywords: phase transition heat accumulator; high-density polyethylene; barium octahydrate hydroxide; negative temperatures; engine heat preparation; successful engine start; heat-accumulating material; heat exchange processes.

TO CITE THIS ARTICLE:

Kolunin AV. Prospective Features of Heat Accumulators of On-Ground Vehicles Engines. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(3):x-y. DOI: 10.17816/0321-4443-633392 EDN: ROQJRM

Submitted: 10.06.2024

Accepted: 02.05.2025

Published online: 05.06.2025

ВВЕДЕНИЕ

Снижение запасов полезных ископаемых планеты, а также стремление потребителей к независимости от поставщиков энергоносителей образовали мировую тенденцию, направленную на совершенствование энергосберегающих технологий и овладение новыми природными залежами. В наши дни заполярные территории привлекают к себе иностранное внимание. Неподдельный интерес к освоению Арктики базируется на комплексе стратегических и экономических основ. Целый ряд государств предъявляют свои права на территории заполярных регионов, однако Россия твёрдо отстаивает свои национальные интересы. Владение несметными запасами природных ресурсов, контроль над Северным морским путём, который является кратчайшей коммуникацией между Европейской частью России и Дальним Востоком, Северо-Западный проход — морской путь между Атлантическим и Тихим океанами — находятся под юрисдикцией Российской Федерации. В условиях политической напряжённости между державами арктическая территория приобретает большое стратегическое значение. Защита национальных интересов России предусмотрена указом Президента № 645 от 26 октября 2020 г. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Далее следует цитата из текста настоящего документа: «основными задачами в сфере освоения Арктики является: разработка и внедрение технологий, имеющих критически важное значение, в том числе для решения задач в области обороны и обеспечения общественной безопасности, разработка материалов и техники для применения в арктических условиях».

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящей работе описывается направление, входящее в широкий сектор такого понятия как материалы и техника для применения в арктических условиях. Применение наземных транспортных средств начинается с пуска двигателя, которому в условиях отрицательных температур предшествует тепловая подготовка. Существующие в настоящее время предпусковые жидкостные подогреватели с КПД 30 % имеют низкую энергоэффективность и морально устарели. Современные мировые тенденции развития науки и техники взяли курс на повышение энергоэффективности. Это обстоятельство учитывается, в том числе и российскими учёными. Таким образом, ставится задача по обеспечению пусковых качеств двигателей наземных транспортных средств за счёт внедрения передовых технологий в области тепловой подготовки на основе применения тепловых аккумуляторов. Существуют работы, посвящённые общим проблемам низкотемпературного пуска и тепловым аккумуляторам, например [1-8]. Однако, комплекс достоинств таких устройств остаётся без внимания конструкторов базовых двигателей, ориентированных на условия отрицательных температур.

КОНСТРУКЦИЯ И МАТЕРИАЛЫ

Конечно, любое начинание, обладающее рядом достоинств, не лишено недостатков. Но взвешенный подход, продуманные решения во многом определяют динамику развития технологий и техники.

Тепловой аккумулятор представляет собой теплообменный аппарат. Чаще всего он имеет цилиндрическую форму. В целях снижения активности теплообменных процессов с окружающей средой предусматривается наружное теплоизоляционное покрытие. Как всякий теплообменный аппарат тепловой аккумулятор имеет отводы с численностью кратной двум, предназначенные для входа и выхода теплоносителя (теплоносителей). В качестве последнего может рассматриваться охлаждающая жидкость системы охлаждения. Сам термин «тепловой аккумулятор» подразумевает накопление, хранение и реализацию тепловой энергии. Накопителем и хранителем является теплоаккумулирующий материал фазового перехода, который помещён в герметично запаенные капсулы, коаксиально расположенные внутри цилиндрического корпуса.

Главными достоинствами такого решения являются высокая энергоэффективность, заключающаяся в использовании собственно вырабатываемой тепловой энергии и низкая трудоёмкость тепловой подготовки двигателей [9, 10].

Технические характеристики теплового аккумулятора включают в себя массогабаритные

показатели, определяемые в соответствии с объёмом двигателя и условиями применения. Характеристики одного из таких изделий представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики теплового аккумулятора фазового перехода

Table 1. Specification of the phase transition heat accumulator

Наименование	Характеристика
Теплоаккумулирующий материал	ПВП (полиэтилен высокой плотности)
Масса ТАМ (теплоаккумулирующего материала), кг	17,8
Масса изделия, кг	29
Размеры, мм	174×270×460
Материал изготовления изоляции	Пенопласт и двухслойный, вспененный полимер
Материал изготовления корпуса	Сталь нержавеющей
Материал изготовления капсул	Cu (медь)
Продолжительность тепловой готовности без дозарядки, час	39

Теплообменные процессы — это процессы, связанные с переносом теплоты от более нагретых тел к менее нагретым. Главный функционал теплового аккумулятора фазового перехода заключается в поглощении или выделении тепловой энергии при смене агрегатных состояний теплоаккумулирующего материала, главным свойством которого является удельная теплота фазового перехода. В качестве теплоаккумулирующего материала могут рассматриваться такие соединения, как полиэтилен высокой плотности и гидроксид октагидрат бария. Некоторые свойства полиэтилена высокой плотности и гидроксид октагидрат бария приведены в табл. 2.

Таблица 2. Свойства полиэтилена высокой плотности и гидроксид октагидрат бария

Table 2. Properties of high-density polyethylene and barium octahydrate hydroxide

Свойства	Полиэтилен высокой плотности	Гидроксид октагидрат бария
Внешний вид	Вещество белого цвета	Вещество белого цвета
Формула	$(C_2H_4)_n$	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$
Плотность при 25 °C, г/см ³	0,956	2,18
Удельная теплота фазового перехода, кДж/кг	230	>280
Температура плавления при 760 мм рт.ст., °C	115	78

Исследованиями Самарского государственного университета установлено, что наиболее приемлемым соединением для применения в качестве теплоаккумулирующего материала тепловых аккумуляторов является гидроксид октагидрат бария. Высокие плотность и удельная теплота фазового перехода неоспоримо объясняют рациональность такого решения. Расплавленный гидроксид октагидрат бария играет роль накопителя, хранителя тепловой энергии. В дальнейшем в случае потребности в тепловой подготовке, теплоту фазового перехода можно использовать для повышения температурного состояния двигателя за счёт циркуляции теплоносителя системы охлаждения, находящегося в тепловом взаимодействии с наружными поверхностями герметично запаянных медных капсул, заполненных теплоаккумулирующим материалом.

Материал изготовления капсул выбран не случайно. Медь обладает высокой теплопроводностью. Некоторые свойства меди приведены в табл. 3.

Таблица 3. Некоторые свойства меди

Table 3. Some properties of copper

Температурные условия °K	Свойства, размерность				
	Плотность кг/м ³ ·10 ³	Удельная теплоёмкость кДж/(кг·град)	Коэффициент теплопровод. Вт/(м·град)	Удельное эл. сопротивление Ом·м·10 ⁻⁸	Линейный коэффициент теплового расширения 1/град·10 ⁻⁶
84	9,00	0,260	480	-	-
292	8,93	0,382	395	1,67	16,7
372	8,90	0,400	392	2,33	17,1
574	8,84	0,421	373	3,90	17,9
872	8,70	0,455	344	5,75	19,5

1174	8,62	0,483	321	9,43	21,3
1355	8,51	0,532	-	9,90	22,3
1472	8,32	-	-	3,51	-

Однако необходимо учитывать одно существенное обстоятельство: несмотря на то, что антикоррозионные свойства меди выше свойств железа, медь так или иначе окисляется, что повышает вероятность разгерметизации капсул.

Применение такого материала как медь может привести к нарушению герметичности при химическом взаимодействии с гидроксидом октагидрата бария. И хотя фактор отсутствия кислорода атмосферного воздуха рассматривается в позитивном ключе, сохраняется вероятность разгерметизации капсул по причине окислительных процессов, инициированных активностью одного лишь теплоаккумулирующего материала. Поэтому учёными Самарского государственного университета, в целях уменьшения коррозионного влияния последнего по отношению к материалу изготовления капсул, разработано изобретение, защищённое патентом Российской Федерации [11]. Защита медных капсул осуществляется добавлением в теплоаккумулирующий материал такого соединения, как сульфит натрия при следующем соотношении ингредиентов, масс %:

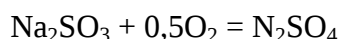
- гидроксид октагидрат бария 99,0–99,5;
- сульфит натрия 0,5–1,0.

Сульфит натрия, соединение которого описывается химической формулой Na_2SO_3 , имеет молярную массу 126,037 г/моль и плотность 2,633 г/см³.

Медь является электроположительным металлом, её нормальный потенциал составляет +0,34 В, корродирует в щелочной среде с кислородной деполяризацией, причем деполяризатором является молекулярный кислород воздуха, растворенный в теплоаккумулирующем материале.

Скорость катодного процесса в герметично замкнутом пространстве капсулы мала вследствие малой концентрации кислорода (~10–4 моль/л) и отсутствия фактора поступления извне. Это и лимитирует скорость коррозии как сопряженной реакции.

Коррозионный процесс такого рода практически полностью прекращается при добавлении в теплоаккумулирующий материал 0,5–1,0 мас.% сульфита натрия, связывающего молекулярно растворенный кислород по следующей зависимости:



При этом следует учитывать, что медь должна иметь высокую степень чистоты. Кроме того, нельзя использовать другие металлы при сварке и склеивании швов капсулы, содержащей теплоаккумулирующий материал, так как вследствие образования локальных гальванических элементов типа «Cu – металл» активность коррозии меди может значительно возрасти со всеми негативными последствиями, в том числе и выделением водорода.

Решение, разработанное Самарским государственным университетом, позволяет снизить коррозионное воздействие теплоаккумулирующего материала и вероятность нарушения герметичности, а также обеспечить продолжительный жизненный цикл и относительно большой ресурс.

Описанные технологичные решения не нивелируют основной недостаток теплового аккумулятора. Тепловой аккумулятор может саморазряжаться. Указанное обстоятельство возможно при продолжительном времени состояния покоя двигателя, когда тепловой аккумулятор не обеспечивается зарядкой. Нельзя полностью исключить теплообменные процессы в низкотемпературной окружающей среде и его саморазряд. В таких случаях возможна зарядка теплового аккумулятора от другого источника тепловой энергии.

Обеспечение эффективного и равномерного нагрева теплоаккумулирующего материала и теплоносителя системы охлаждения является приоритетной задачей в рамках развития современных теплоаккумулирующих средств наземного транспорта. В качестве перспективного, технологичного решения можно рассматривать индукционную обмотку. Совмещение теплового аккумулятора с индукционной обмоткой дополняет конструкцию известного устройства. Нагрев осуществляется за счёт генерации токов высокой частоты (вихревых токов Фуко) в материале цилиндрических капсул, помещенных внутрь индуктора. Сам индуктор представляет собой катушку, внутри которой создается переменное магнитное поле [12, 13]. Катушка не имеет сердечника, роль последнего выполняют разогре-

ваемые проводящие элементы — медные капсулы, находящиеся в тепловом взаимодействии с теплоаккумулирующим материалом и теплоносителем системы охлаждения.

ТАФПИТ — так называемый тепловой аккумулятор фазового перехода индукционного типа. В условиях разряженного состояния индукционная обмотка может обеспечить теплом не только теплоаккумулирующий материал, но и теплоноситель системы охлаждения двигателя. Параллельно с индукционной обмоткой включается циркуляционный насос. Циркулирующий теплоноситель принимает тепло, индуцированное в проводящих материалах, охлаждает индукционную обмотку и направляется в рубашку охлаждения двигателя.

Максимальное переменное магнитное поле создаётся внутри обмотки, однако не исключается его наличие и снаружи. В такой реализации возникает проблема охлаждения обмотки индуктора. Полное погружение индукционного устройства внутрь теплоносителя позволяет активизировать теплообменные процессы за счёт увеличения объёмов и площадей теплопереходов, активнее охлаждать обмотку индуктора и нагревать теплоноситель.

Наружные элементы конструкции должны иметь теплоизолирующий материал и прочный корпус, а само изделие надёжно монтироваться на транспортном средстве [9, 10].

В качестве примера на рис. 1 представлена схема теплового аккумулятора фазового перехода индукционного типа.

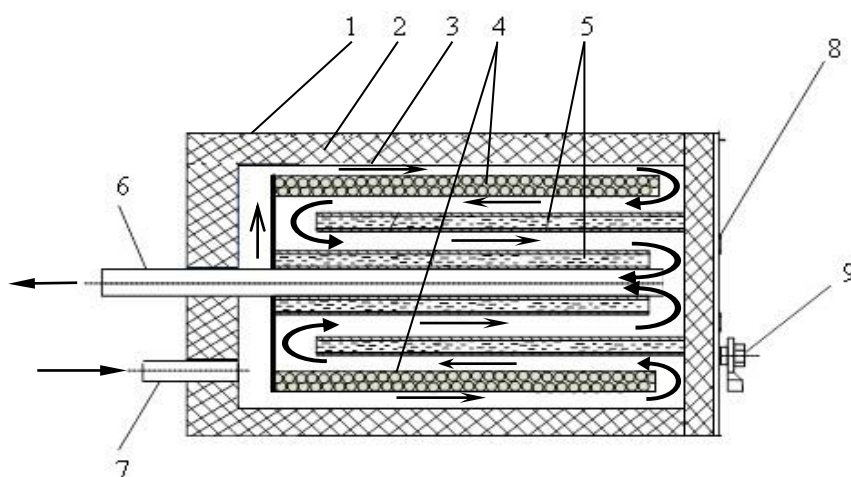


Рис. 1. Тепловой аккумулятор фазового перехода индукционного типа: 1 — наружный корпус; 2 — тепловая изоляция; 3 — внутренний корпус; 4 — медная индукционная обмотка сплошного сечения; 5 — медные цилиндрические капсулы с теплоаккумулирующим материалом; 6 — выходной патрубок; 7 — входной патрубок; 8 — крышка из диэлектрического материала; 9 — ввод электропитания.

Fig. 1. Induction-type phase transition thermal accumulator: 1: outer housing; 2: thermal insulation; 3: inner housing; 4: copper induction winding of solid section; 5: copper cylindrical capsules with heat-accumulating material; 6: outlet pipe; 7: inlet pipe; 8: cover made of dielectric material; 9: power supply feed.

Особенность теплового аккумулятора фазового перехода индукционного типа заключается в том, что индукционная обмотка 4 создаёт высокочастотное магнитное поле, которое индуцирует вихревые токи в проводящем материале капсул 5. Изначально, происходит нагрев самих капсул. Последние находятся в тепловом взаимодействии с теплоаккумулирующим материалом внутри и теплоносителем снаружи. Одновременно с этим циркуляционный насос обеспечивает движение теплоносителя по малому кругу системы охлаждения. Входной и выходной отводы 6 и 7 соответственно используются для централизованного подключения устройства к системе охлаждения, а ввод электропитания 9 выполняет соответствующие функции.

При прогреве системы от воздействия индуктора или в процессе реализации действительного цикла двигателя теплоаккумулирующий материал достигает температуры плавления и переходит в жидкое состояние. Такой переход сопровождается значительным потреблением и накоплением тепловой энергии. Это — так называемый эндотермический процесс, реализующий теплоту фазового перехода и заложенный в основу работы теплового аккумулятора. В дальнейшем, будучи в жидком состоянии, повышение температуры всей сис-

НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

темы обеспечивает материал дополнительным теплом.

В процессе накопления тепловой энергии, в качестве источника тепла рассматриваются две возможные ситуации — это зарядка при реализации действительного цикла двигателя от теплоносителя системы охлаждения и в рамках тепловой подготовки – индукционный нагрев. В любом случае, значения температур теплоаккумулирующего материала и теплоносителя системы охлаждения стремятся к тепловому равновесию за счёт теплообменных процессов.

При длительном покое двигателя тепловой аккумулятор теряет тепловую энергию и нуждается в подзарядке. Процесс тепловой зарядки может осуществляться за счёт подачи электрического тока через резьбовой зажим 9. Конструкторы транспортного средства в праве определять источники электрического питания (бортовой или стационарный). Ток поступает на индукционную обмотку, создающую переменное электромагнитное поле. В результате чего в материале цилиндрических капсул возникают вихревые токи Фуко. КПД индукционного устройства составляет 90 %, что в три раза превышает КПД давно известного предпускового жидкостного подогревателя. Индукционный нагрев – это нагрев при бесконтактной передаче энергии в нагреваемое электропроводящее тело с помощью переменного электромагнитного поля, создаваемого индуктором. Таким образом, тепловые аккумуляторы фазового перехода индукционного типа можно рассматривать в качестве буферных систем для накопления, хранения и реализации тепла в условиях отрицательных температур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тепловой аккумулятор фазового перехода индукционного типа рассматривается в качестве нового вспомогательного оборудования по совершенствованию теплообменных процессов. Развитие конструкторской мысли основывается на современных достижениях науки. Прикладная реализация решения может базироваться на моделировании процессов с разработкой программ для ЭВМ, описывающих физические процессы, позволяющие определять параметры функционирования теплового аккумулятора [14, 15].

Одним из главных преимуществ индукционного нагрева по сравнению с традиционным использованием внешних или бортовых источников тепла является возможность активно преобразования электрической энергии в тепловую непосредственно в объекте нагрева. Это решение позволяет сосредоточить тепло в небольших объемах нагреваемого элемента, что способствует повышению температуры теплоаккумулирующего материала и теплоносителя в системе охлаждения с высокой эффективностью. Использование индукционного нагрева находит широкое применение в промышленности, даёт возможность быстро и равномерно повышать температуру в целевых областях, что делает его особенно привлекательным для многих технологических процессов, требующих оперативного решения производственных задач. Индукционный метод обеспечивает не только высокий коэффициент полезного действия, но и значительное сокращение времени нагрева, снижение трудоёмкости тепловой подготовки.

Тепловой аккумулятор фазового перехода индукционного типа — это решение высокой энергоэффективности, которое заслуживает внимания со стороны конструкторов, разработчиков базовых двигателей, ориентированных на условия отрицательных температур холодного климата.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад автора. Автор одобрил рукопись (версию для публикации), а также согласился нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы автор не использовал ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution: The author approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: N/A.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

REFERENCES

1. Kolunin AV. *The influence of low ambient temperatures on the frequency of maintenance of power plants for road and construction vehicles*: [dissertation]. Omsk, 2006. (In Russ.) EDN: NOLQPP
2. Kolunin AV, Mater IV, Derevskov NYu. Review of means to ensure the start of diesel engines in conditions of negative temperatures. *Strategic stability*. 2021;(4):34-38. (In Russ.) EDN: KHYBCW
3. Seledkin AA, Malozemov AA. Evaluation of the starting characteristics of 4ch13/14 and chn13/14 type diesels at low ambient temperatures. In: *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Problems of operation and maintenance of transport and technological machines"*. Tyumen. April 08, 2009. Tyumen; 2009:305-310. (In Russ.) EDN: TUMLAH
4. Seledkin AA, Malozemov AA, Gertsev VV. Effectiveness of measures to improve the starting characteristics of diesels with a dimension of 13/14. *Scientific problems of transport in Siberia and the Far East*. 2009;(2):220-223. (In Russ.) EDN: LPWZHJ
5. Romanov DV, Kukis VS, Malozemov AA. Improving the starting qualities of diesels with a dimension of 13/14. *Scientific problems of transport in Siberia and the Far East*. 2011;(1):211-214. (In Russ.) EDN: NYHCUD
6. Kolunin AV, Altukhov YaV, Terzi DV, et al. A thermal accumulator as a means of increasing the starting reliability of piston engines in conditions of negative temperatures. In: *Collection of materials of the 9th international scientific and technical conference "Equipment and technology of petrochemical and oil and gas production"* 2019. Omsk: OmSTU; 2019:179-180. ID: 39215858 (In Russ.) EDN: BTPEMH
7. Patent RUS 2052734 / 01/20/1996. Byul. No.2. Alekseev GL, Borisov SYu, Alekseev GL, et al. The heat accumulator. (In Russ.) EDN: VMTDIY
8. Patent RUS 2755235 / 09/14/2021. Shabalin DV, Terzi DV, Altukhov YaV, et al. Method and device of pre-start preparation of an internal combustion engine. (In Russ.) EDN: DZJMMC
9. Terzi DV, Kolunin AV, Altukhov YV, Bur'yan IA. Heat storage as a means to improve the starting reliability of piston engines at below zero temperatures. *AIP Conference Proceedings*. 2019;2141:050011. doi: 10.1063/1.5122154 EDN: MKHAMH

10. Kolunin AV, Kaminsky VN, Apelinsky DV, et al. Substantiation of the applicability of the thermal accumulator of the phase transition in the thermal preparation of motor vehicle engines. *Tractors and agricultural machinery*. 2024;91(1):55-64. doi: 10.17816/0321-4443-625989 (In Russ.)
11. Patent RU 2250245 / 04/20/2005. Byul. No. 11. Onchuk LA, Arutyunov YuI, Egorova KV, et al. Heat-accumulating composition for filling copper capsules based on barium hydroxide octohydrate. (In Russ.) EDN: TZUYKX
12. Terzi DV. Induction support for the performance of the thermal accumulator of the engine in conditions of negative temperatures. *Bulletin of Civil Engineers*. 2019;5(75):145-150. ID: 41331326 doi: 10.23968/1999-5571-2019-16-4-145-150 (In Russ.) EDN: BTDDKT
13. Kolunin AV, Gelver SA, Altukhov YaV, Terzi DV. Induction support for the performance of an engine heat accumulator in conditions of negative temperatures. In: *Materials of the 9th International scientific and technical conference "Technique and technology of petrochemical and oil and gas production"*. Omsk, February 26-28, 2019. Omsk: Omsk State Technical University; 2019:92-93. (In Russ.) EDN: PDZHYU
14. Kurmanov RS, Kolunin AV, Toder GB. A physical model of processes occurring during the operation of a phase transition heat accumulator with an induction heater. Innovative projects and technologies in education, industry and transport. Omsk State University of Railway Engineering. In: *Proceedings of the XVI Scientific Conference, dedicated to the Day of Russian Science*. February 08, 2022. Omsk; 2022:258-262. (In Russ.)
15. Patent RUS 2022664034 / 06.10.2022. Kolunin AV. Computer program. A program for determining the amount of heat required for the thermal preparation of a piston engine by an induction phase transition thermal accumulator. (In Russ.) EDN: JODRWD

ОБ АВТОРЕ / AUTHOR'S INFO

*** Колунин Александр Витальевич,**
доцент кафедры «Энергоустановки для
транспорта и малой энергетики»;
адрес: Россия, 107023, Москва, ул. Большая
Семёновская, д. 38;
ORCID: 6000-0001-7151-8489;
eLibrary SPIN: 7483-9619;
e-mail: kolunin2003@mail.ru

*** Alexander V. Kolunin,**
Assistant Professor of the Power Plants for
Transport and Small-Scale Power Generation
Department;
address: 38 Bolshaya Semenovskaya st, Mos-
cow, Russia, 107023;
ORCID: 6000-0001-7151-8489;
eLibrary SPIN: 7483-9619;
e-mail: kolunin2003@mail.ru