

УДК 629.4.063.7

Аккумуляция тепловой энергии масла и охлаждающей жидкости дизельного двигателя маневрового тепловоза

А. А. Свечников

Самарский государственный университет путей сообщения, Россия, 443066, Самара, ул. Свободы, 2 В

Для цитирования: Свечников А. А. Аккумуляция тепловой энергии масла и охлаждающей жидкости дизельного двигателя маневрового тепловоза // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 2. С. 498–507. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-498-507

Аннотация

Цель: обосновать эффективность использования теплоаккумулирующих материалов для сохранения тепловой энергии масла и охлаждающей жидкости дизельной силовой установки маневрового тепловоза. Для достижения поставленной цели необходимо: обозначить актуальность проблемы сохранения тепловой энергии масла и охлаждающей жидкости при эксплуатации тепловозов в условиях отрицательных температур окружающего воздуха; разработать концепцию использования теплоаккумулирующих материалов фазового перехода в масляной и водяной системах тепловоза; выполнить подбор теплоаккумулирующих материалов, исходя из их физических свойств и особенностей работы систем дизельного двигателя тепловоза; провести лабораторные экспериментальные исследования по оценке эффективности применения того или иного теплоаккумулирующего материала. **Методы:** физический эксперимент, выполненный в лабораторных условиях, заключающийся в регистрации температуры рабочей среды (масла и воды) и температуры, используемого теплоаккумулирующего материала в зависимости от времени холодного простоя. Экспериментальные исследования позволяют более точно подобрать наиболее предпочтительные материалы для аккумуляции тепла масла и воды систем дизельного двигателя тепловоза. **Результаты:** построена экспериментальная зависимость температуры различных теплоаккумулирующих материалов от времени холодного простоя, позволяющая обосновать использование стеарина для аккумуляции тепла моторного масла и воды системы охлаждения. **Практическая значимость:** исследования выполнены в рамках реализации гранта ОАО «РЖД» для молодых ученых на проведение научных исследований, направленных на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте и рекомендованы к использованию в локомотивном комплексе. Договор о выплате гранта № 5103675 от 26 декабря 2022 года «Тепловой аккумулятор системы предпусковой подготовки тепловозов в холодное время года».

Ключевые слова: теплоаккумулирующий материал фазового перехода, аккумуляция тепла, прогрев, дизельный двигатель, масляная система, система охлаждения, холодный простой.

Одной из приоритетных задач, стоящих перед ОАО «РЖД» в целом и локомотивным комплексом в частности, является повышение эффективности эксплуатации тягового подвижного состава. Тепловозы различного назначения — грузовые, пассажирские, маневровые составляют значительную часть

доли от парка всех локомотивов, эксплуатируемых на российских железных дорогах. В связи с тем, что на некоторых железных дорогах страны (например, Забайкальской, Восточно-Сибирской, Северной) до 40 % времени тепловозы эксплуатируются при минусовых температурах окружающей среды,

актуальной является задача повышения эффективности прогрева дизельной силовой установки. Эффективность прогрева определяется количеством топлива, потребляемого тепловозами в данном режиме работы. Потенциал экономии топлива на прогрев тепловозов составляет 6–10 % в зимний период и 3–5 % в осенний и весенний периоды, что говорит о целесообразности исследований, направленных на разработку методов, позволяющих сохранить тепловую энергию масла и охлаждающей жидкости силовой установки тепловозов.

Задача повышения эффективности прогрева дизельных силовых установок тепловозов в период отрицательных температур окружающего воздуха стоит с момента появления первых тепловозов и не является полностью решенной по настоящее время [1–4]. В качестве охлаждающей жидкости на подавляющем большинстве тепловозов используют воду, которая требует прогрева в зимний период. Использование тосола или антифриза на транспортных дизелях большого объема не решает проблему горячего простоя, поэтому предпочтение отдается более дешевой воде. Что касается моторного масла, то поддержание его температуры в рабочем диапазоне зимой положительно сказывается на надежности трущихся элементов дизельного двигателя.

Проанализировав труды ученых, занимающихся проблемой поддержания рабочих жидкостей тепловоза в прогретом состоянии, можно сделать вывод, что на сегодняшний день существуют два основных типа систем прогрева: стационарные и бортовые. Из наиболее хорошо зарекомендовавших себя можно отметить:

— стационарные системы, использующие электрический подогрев [5];

— бортовые системы на вторичных источниках энергии (например, с использованием котлов-подогревателей на бензине или метане) [6];

— бортовые системы, использующие аккумуляторы теплоты фазового перехода [7, 8].

Несмотря на многолетний опыт ученых в разработке и проектировании различных систем прогрева тепловозов, в настоящее время полностью апробированная система отсутствует. Исключением является система «Гольфстрим», которая активно применялась на маневровых тепловозах Красноярской железной дороге. Однако и эта система прогрева не пошла в тиражирование и в настоящее время серийно не производится. В основном это связано с тем, что для эффективной работы системы «Гольфстрим» не хватает емкости штатной и даже дополнительной аккумуляторных батарей.

Один из вариантов решения проблемы прогрева тепловозов в зимнее время предложила компания ООО «АВП Технология» — это использование системы автоматического запуска дизеля тепловоза (САЗДТ) [9, 10]. В настоящее время системой САЗДТ оборудуют маневровые тепловозы серии ТЭМ18ДМ. Однако использование САЗДТ относительно эффективно только при умеренных отрицательных температурах окружающей среды (не ниже минус 10 °С), когда скорость остывания воды относительно невелика и, соответственно, частота включений дизеля тоже невелика. При более низких температурах увеличивается частота включений дизеля при простоях, что отрицательно сказывается на его моторесурсе. Каждый холодный запуск дизеля эквивалентен нескольким сотням км пробега тепловоза. А высокие темпы охлаждения воды при низких температурах

воздуха (минус 25 °С и ниже) могут спровоцировать звонковую работу САЗДТ.

Тепловые аккумуляторы фазового перехода не являются устройством, способным решить проблему прогрева тепловозов, однако их можно использовать как дополнение к любому из известных способов повышения эффективности прогрева. Продолжительный прогрев предполагает наличие источника тепловыделений, коим тепловой аккумулятор не является по определению. Тепловой аккумулятор может только решить задачу поддержания температур теплоносителей на некотором допустимом уровне, ограниченное время в период содержания тепловоза с выключенным двигателем. Тем не менее аккумулярование тепла масла и охлаждающей жидкости дизеля тепловоза является перспективным методом, снижающим преждевременный износ трибосопряжений дизельного двигателя в момент пуска после холодного простоя и повышающего эффективность прогрева тепловозов.

Использование тепловой энергии фазового перехода различных материалов можно использовать для аккумулярования тепла как моторного масла, так и воды тепловоза. Род службы локомотива никак не влияет на возможность аккумулярования тепла теплоносителей, однако вопрос повышения эффективности прогрева наиболее остро стоит для маневровых тепловозов. Именно поэтому объектом исследований выбран наиболее распространенный на сети «Российских железных дорог» современный маневровый тепловоз ТЭМ18ДМ.

Концепции использования теплового аккумулятора для моторного масла и для воды системы охлаждения должны отличаться. Моторное масло при холодном простое тепловоза стекает в картер дизеля и хранится

полным объемом, а вода остается внутри элементов системы охлаждения. Из-за этого охлаждающая жидкость остывает с разной интенсивностью. Труба отвода от калорифера и нижние патрубки секций радиатора являются самыми быстро замерзающими участками системы охлаждения дизеля тепловоза.

Применение теплового аккумулятора моторного масла предполагает, что при работе двигателя происходит его тепловая зарядка. После остановки дизельной силовой установки и в момент холодного простоя тепловоза часть горячего масла (около 100 л) остается в тепловом аккумуляторе, а остальная часть через штатные вентили в трубопроводах масляной системы стекает в картер двигателя. При новом пуске дизеля тепловоза предпусковая прокачка масла осуществляется горячим маслом из теплового аккумулятора. После запуска тепловоза масляная система работает в штатном режиме и происходит смешение пускового масла с картерным.

Для теплового аккумулятора воды целесообразнее применять конструкцию с радиатором, расположенным в среде теплоаккумулирующего материала. В условиях холодного простоя тепловоза, за счет использования такого теплового аккумулятора можно легко осуществить периодическое подмешивание горячей воды в наиболее интенсивно остывающие элементы водяной системы. Время прокачки горячей воды из теплового аккумулятора определяется, исходя из показаний датчиков, контролирующих температуру зон локального замерзания (отвод калорифера и нижний патрубок секций холодильника). Для повышения эффективности прогрева перед пуском дизеля тепловоза необходимо осуществить прокачку не только масла, но и воды из теплового аккумулятора.

Для эффективного использования тепловых аккумуляторов важной задачей является обосновать целесообразность использования тех или иных теплоаккумулирующих материалов фазового перехода.

Физические параметры различных теплоаккумулирующих материалов, предпочтительных для использования в тепловых аккумуляторах, представлены в табл. 1.

Опыт эксплуатации маневровых тепловозов говорит о том, что рабочая температура масла составляет 55–60 °С, после уже начинает работать водомасляный теплообменник и не дает дальше расти температуре. Рабочая температура охлаждающей жидкости при эксплуатации маневровых тепловозов составляет 80–85 °С [11].

Перечисленные в таблице 1 теплоаккумулирующие материалы гарантированно будут заряжены (расплавлены) температурой 80 °С, и поэтому могут быть использованы в тепловом аккумуляторе охлаждающей жидкости. Для использования в тепловом аккумуляторе масла подойдут только те материалы, температура фазового перехода которых ниже 60 °С.

Предпочтение можно отдать следующим материалам: парафин, стеарин, технический воск, церезин. Теплота фазового перехода данных материалов сопоставима.

Для более точного обоснования выбора теплоаккумулирующего материала для масляной и водяной систем дизельного двигателя маневрового тепловоза были проведены физические эксперименты в условиях лаборатории кафедры «Тяговый подвижной состав» СамГУПС.

Основа эксперимента состоит в регистрации температуры рабочей среды (масла и воды) и температуры используемого теплоаккумулирующего материала в зависимости от времени холодного простоя.

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 1. Стенд состоит из следующих элементов: 1 — емкость с моторным маслом; 2 — нагревательный элемент; 3 — датчик температуры масла; 4 — емкость с теплоаккумулирующим материалом; 5 — датчик температуры теплоаккумулирующего материала; 6 — датчик температуры окружающего воздуха; 7 — устройство индикации и регистрации температур.

ТАБЛИЦА 1. Физические параметры теплоаккумулирующих материалов

№	Наименование материала	Температура фазового перехода, °С	Теплота фазового перехода, Дж/кг
1	Парафин Т1	52–58	150 000
2	Парафин Т2	52–56	150 000
3	Стеарин	52–56	150 000
4	Церезин 65	65–70	184 000
5	Церезин 75	75–80	184 000
6	Церезин 80Н	80–85	184 000
7	Технический воск	72–87	147 000
8	Торфяной воск обессмоленный	77–82	75 700
9	Хлорид алюминия 88,5 %, хлорид лития 11,5 %	80	199 000

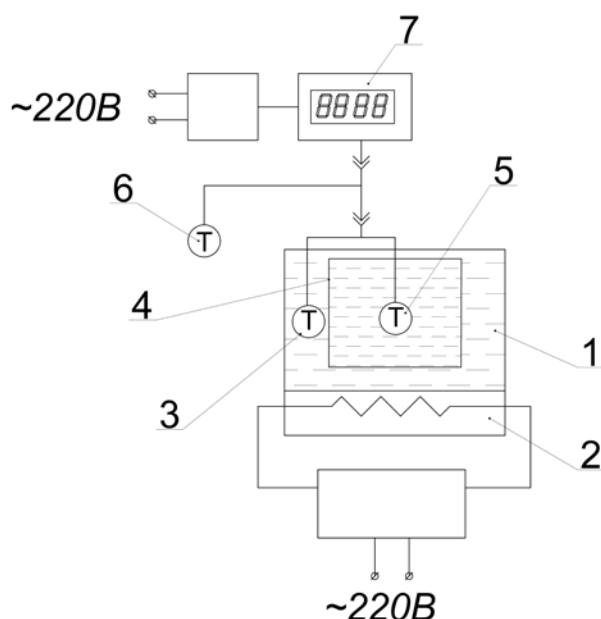


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для проведения эксперимента

Эксперимент состоял в нагреве теплоаккумулирующего материала по принципу водяной бани до рабочей температуры двигателя (85–90 °С) и фиксации показателей температуры при холодном простое.

Алгоритм проведения лабораторных экспериментов состоял из следующих действий:

1. Наполнить емкость 1 моторным маслом (водой).

2. Взвесить наполненную емкость (каждый следующий эксперимент проводить для одинаковой массы рабочей жидкости).

3. Наполнить емкость 4 теплоаккумулирующим материалом в твердом фазовом состоянии.

4. Взвесить емкость, наполненную теплоаккумулирующим материалом (каждый следующий эксперимент проводить для одинаковой массы теплоаккумулирующего материала).

5. Разместить емкость 4 внутри емкости 1 и установить на нагревательный элемент.

6. Разместить термодатчики 3, 5, 6 для замера температуры масла, температуры теплоаккумулирующего материала и температуры окружающей среды соответственно.

7. Разогреть теплоаккумулирующий материал до его полного перехода в жидкое состояние по принципу «водяной бани», при этом температура рабочей жидкости (масла или воды) не должна превышать 90 °С.

8. Прекратить нагрев, отключив нагревательный элемент от сети.

9. Производить замеры и регистрацию температур в режиме реального времени (каждые 10 сек.) до момента, когда температуры рабочих тел не достигнут температуры окружающей среды.

10. Повторить данные действия для каждого последующего вида теплоаккумулирующего материала и без теплоаккумулирующего материала.

Регистрация параметров температуры производилась с помощью датчиков, запрограммированных на микроконтроллере и записывающих показания в автоматизированном режиме на флеш-носитель. Все эксперименты проводились в идентичных условиях, при температуре +26 °С.

По результатам проведенных лабораторных экспериментов построен график зависимости температуры теплоаккумулирующих материалов от времени холодного простоя (рис. 2).

По результатам анализа результатов выполненных экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

— фактические температуры фазового перехода материалов составляют: церезин 80Н — 80 °С; воск технический — 69 °С; стеарин — 55 °С; парафин Т1 — 55 °С;

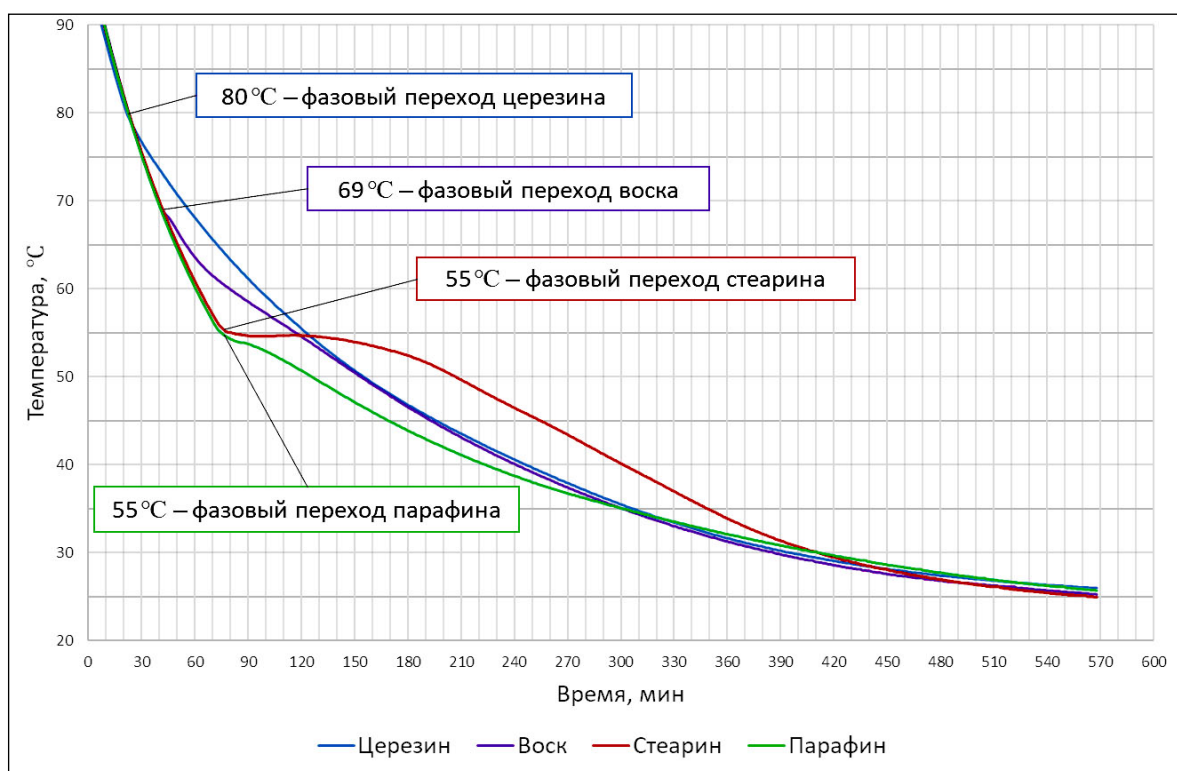


Рис. 2. Зависимость температуры теплоаккумулирующих материалов от времени холодного простоя

— фазовый переход из жидкого состояния в твердое приводит к «перелому» линии температуры и интенсивности остывания материала падает;

— стеарин имеет самую долгую по времени температурную «площадку» в момент фазового перехода;

— церезин практически не дает температурной «площадки», несмотря на то что у него энергия фазового перехода выше на 20 % чем у стеарина. Это можно объяснить тем, что у церезина на 25 °C выше температура фазового перехода, чем у стеарина. Из-за большей разницы температур между нагретым теплоаккумулирующим материалом и окружающей средой температурная «площадка» не успевает образоваться, а наблюдается лишь незначительный «перелом» линии температуры.

Таким образом, по результатам эксперимента и с учетом того, что жидкая фаза теплоаккумулирующего материала лучше передает тепловую энергию в обратном направлении, чем твердая (коллоидная) — наиболее целесообразным является использование стеарина в качестве материала для тепловых аккумуляторов как масла, так и воды.

Для наглядной демонстрации эффективности использования стеарина при аккумуляции тепловой энергии на график падения температуры стеарина наложены линии падения температуры воды и масла при использовании стеарина и температуры воды и масла без использования стеарина (рис. 3).

Из полученной зависимости видно, что использование теплоаккумулирующего материала — стеарина дает прирост температуры масла и воды в среднем на 40–45 %

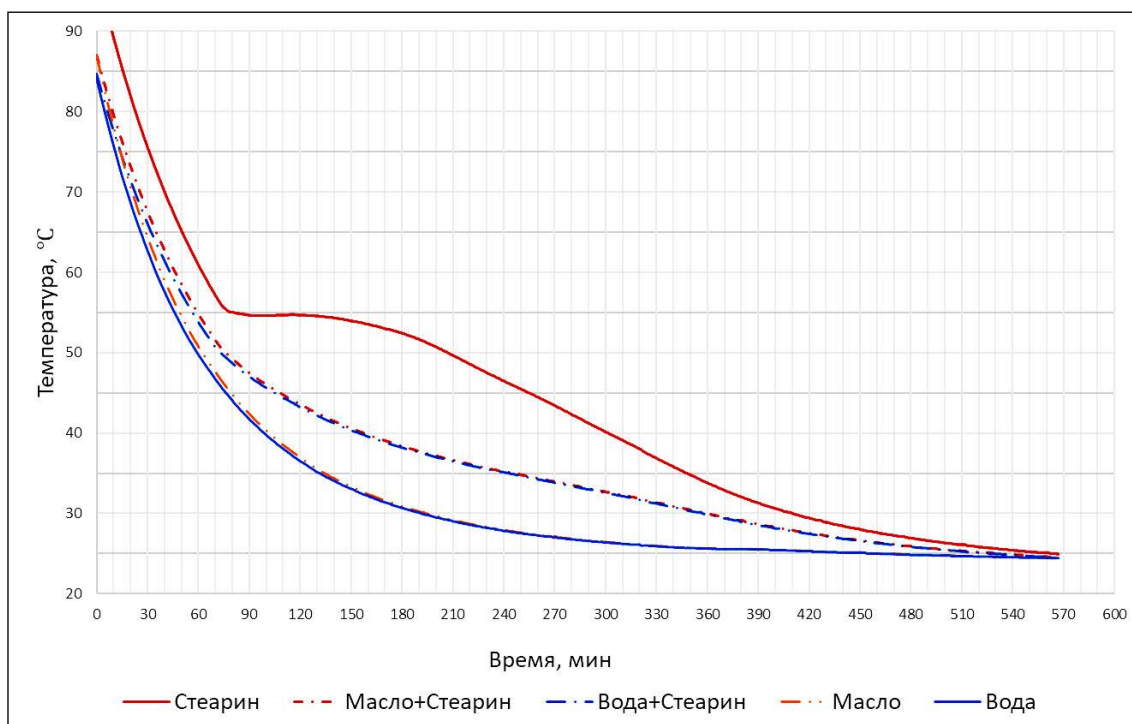


Рис. 3. Зависимость температуры рабочих тел от времени холодного простоя

при данном соотношении масс рабочей жидкости и теплоаккумулирующего материала.

В заключение следует еще раз отметить, что наиболее предпочтительным теплоаккумулирующим материалом для использования в системах прогрева маневровых тепловозов является стеарин, так как он имеет подходящую температуру фазового перехода, является безопасными, дешевым и эффективнее аккумулирует тепловую энергию.

Библиографический список

1. Белоглазов А.К. Влияние температуры окружающей среды на работу системы охлаждения тепловоза и его агрегатов / А.К. Белоглазов, В.О. Носков, А.В. Чулков // Известия Транссиба. 2015. № 4 (24). С. 11–17.

2. Анисимов А.С. Экспериментальные исследования режимов охлаждения и прогрева водяной системы тепловоза / А.С. Анисимов, Н.А. Белоглазова, В.О. Носков // Эксплуатационная надежность

локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: Материалы пятой всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 75-летию победы в Великой Отечественной войне, 85-летию кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», 120-летию основания Омского государственного университета путей сообщения, Омск, 12 ноября 2020 года. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2020. С. 28–35.

3. Балабин В.Н. О повышении эффективности прогрева двигателей тепловозов / В.Н. Балабин // Железнодорожный транспорт. 2022. № 11. С. 31–35.

4. Овчаренко С.М. Перспективы развития технологий прогрева тепловозов в зимний период / С.М. Овчаренко, И.С. Ринг // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы научной конференции, посвященной Дню Российской науки, Омск, 8 февраля 2021 года / Министерство

транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Омский государственный университет путей сообщения. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. С. 77–82.

5. Бакыт Г.Б. Система поддержания теплового состояния дизеля тепловоза с помощью электрического подогрева / Г.Б. Бакыт, А.Б. Бисенгалиев, М.Н. Нажуан // Молодежь в науке: Новые аргументы: VI Международный молодежный сборник научных статей, Липецк, 28 апреля 2020 года / Отв. редактор А.В. Горбенко. Липецк: Научное партнерство «Аргумент», 2020. С. 20–23.

6. Носырев Д.Я. Применение вторичных источников энергии для повышения эффективности эксплуатации маневровых тепловозов в зимнее время / Д.Я. Носырев, Н.В. Чертыковцева // Вестник транспорта Поволжья. 2009. № 3 (19). С. 14–18.

7. Свечников А.А. Тепловой аккумулятор как средство стабилизации температурных режимов наддувочного воздуха и рабочих жидкостей дизеля тепловоза / А.А. Свечников, А.А. Крючкова // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 1 (73). С. 23–28.

8. Свечников А.А. Экспериментальная оценка возможностей теплового аккумулятора с целью использования в масляной системе дизеля маневрового тепловоза / А.А. Свечников, Ю.К. Муштафаев, И.В. Метальников // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2024. Т. 83, № 1. С. 40–49.

9. Абрамов О.В. Система автоматического запуска и остановки дизеля для тепловозов / О.В. Абрамов, А.А. Кащенко // Локомотив. 2017. № 2 (722). С. 34–35.

10. Харькин А.С. Экономический эффект внедрения САЗДТ на маневровом локомотиве / А.С. Харькин // Труды 81-й студенческой научно-практической конференции РГУПС, Воронеж, 28–29 апреля 2022 года / Ростовский государственный университет путей сообщения, филиал в г. Воронеж. Часть 4. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеже, 2022. С. 50–55.

11. Свечников А.А. Исследование интенсивности падения температур рабочих жидкостей дизеля маневрового тепловоза / А.А. Свечников, И.В. Метальников // Транспортная наука и инновации: Материалы международной научно-практической конференции, Самара, 1–2 июня 2023 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 62–65.

Дата поступления: 08.04.2024

Решение о публикации: 24.04.2024

Контактная информация:

СВЕЧНИКОВ Александр Александрович — канд. техн. наук, доцент; aa.svechnikov@samgups.ru

Accumulation of thermal energy of oil and coolant of a diesel engine of a shunting diesel locomotive

A. A. Svechnikov

Samara State Transport University, 2 V, Svobody str., Samara, 443066, Russia

For citation: Svechnikov A. A. Accumulation of thermal energy of oil and coolant of a diesel engine of a shunting diesel locomotive // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 498–507. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-498-507

Abstract

Objective: to substantiate the effectiveness of using heat-storing materials to preserve the thermal energy of the oil and coolant of the diesel power plant of a shunting diesel locomotive. To achieve this goal it is necessary: to identify the relevance of the problem of preserving the thermal energy of oil and coolant during the operation of diesel locomotives in conditions of negative ambient temperatures; develop a concept for the use of heat-storing phase transition materials in the oil and water systems of a diesel locomotive; carry out the selection of heat-storing materials based on their physical properties and the operating characteristics of diesel locomotive engine systems; conduct laboratory experimental studies to assess the effectiveness of using a particular heat-storing material. **Methods:** physical experiment performed in laboratory conditions, which consists of recording the temperature of the working medium (oil and water) and the temperature of the heat-storing material used depending on the cold idle time. Experimental studies make it possible to more accurately select the most preferred materials for accumulating heat from oil and water in diesel locomotive engine systems. **Results:** an experimental dependence of the temperature of various heat-accumulating materials on the cold idle time was constructed, which makes it possible to justify the use of stearin to accumulate heat from engine oil and cooling system water. **Practical importance:** the research was carried out as part of the implementation of a grant from Russian Railways JSC for young scientists to conduct scientific research aimed at creating new equipment and technologies for use in railway transport and recommended for use in the locomotive complex. Grant agreement No. 5103675 dated December 26, 2022 “Thermal accumulator for the pre-start preparation system for diesel locomotives in the cold season”.

Keywords: thermal storage material of phase change, heat storage, warming up, diesel engine, oil system, cooling system, cold idle.

References

1. Beloglazov A. K. Vliyanie temperatury okruzhayushchej sredy na rabotu sistemy ohlazhdeniya teplovoza i ego agregatov / A. K. Beloglazov, V. O. Noskov, A. V. Chulkov // *Izvestia Transsib*. 2015. №. 4 (24). S. 11–17. (In Russian)

2. Anisimov A. S. Jeksperimental'nye issledovaniya rezhimov ohlazhdeniya i progreva vodjanoj sistemy teplovoza / A. S. Anisimov, N. A. Beloglazova, V. O. Noskov // *Jekspluatacionnaja nadezhnost' lokomotivnogo parka i povyshenie jeffektivnosti tjagi poezdov: Materialy pjatoj vsrossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchast-*

iem, posvjashhennoj 75-letiju pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne, 85-letiju kafedry “Podvizhnoj sostav jelektricheskikh zheleznyh dorog”, 120-letiju osnovaniya Omskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija, Omsk, 12 nojabrja 2020 goda. Omsk: Omskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, 2020. S. 28–35. (In Russian)

3. Balabin V. N. O povyshenii jeffektivnosti progreva dvigatelej teplovozov / V. N. Balabin // *Zheleznodorozhnyj transport*. 2022. № 11. S. 31–35. (In Russian)

4. Ovcharenko S. M. Perspektivy razvitija tehnologij progreva teplovozov v zimnij period /

S. M. Ovcharenko, I. S. Ring // *Innovacionnye proekty i tehnologii v obrazovanii, promyshlennosti i na transporte: materialy nauchnoj konferencii, posvjashhennoj Dnju Rossijskoj nauki, Omsk, 8 fevralja 2021 goda* / Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii, Federal'noe agentstvo zheleznodorozhnogo transporta, Omskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija. Omsk: Omskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, 2021. S. 77–82. (In Russian)

5. Bakyt G. B. Sistema podderzhanija teplovogo sostojanija dizelja teplovoza s pomoshh'ju jelektricheskogo podogreva / G. B. Bakyt, A. B. Bisengaliev, M. N. Nazhuan // *Molodezh' v nauke: Novye argumenty: VI Mezhdunarodnyj molodezhnyj sbornik nauchnyh statej*, Lipeck, 28 aprelja 2020 goda / Otv. redaktor A. V. Gorbenko. Lipeck: Nauchnoe partnerstvo "Argument", 2020. S. 20–23. (In Russian)

6. Nosyrev D. Ja. Primenenie vtorichnyh istochnikov jenerгии dlja povyshenija jeffektivnosti jekspluatcii manevrovnyh teplovozov v zimnee vremja / D. Ja. Nosyrev, N. V. Chertykovceva // *Vestnik transporta Povolzh'ja*. 2009. № 3 (19). S. 14–18. (In Russian)

7. Svechnikov A. A. Teplovoj akkumuljator kak sredstvo stabilizacii temperaturnyh rezhimov nadduvochnogo vozduha i rabochih zhidkostej dizelja teplovoza / A. A. Svechnikov, A. A. Krjuchkova // *Vestnik transporta Povolzh'ja*. 2019. № 1 (73). S. 23–28. (In Russian)

8. Svechnikov A. A. Jeksperimental'naja ocenka vozmozhnostej teplovogo akkumuljatora s cel'ju ispol'zovanija v masljanoj sisteme dizelja manevrovogo teplovoza / A. A. Svechnikov, Ju. K. Mus-

tafaev, I. V. Metal'nikov // *Vestnik Nauchnoissledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta*. 2024. T. 83, № 1. S. 40–49. (In Russian)

9. Abramov O. V. Sistema avtomaticheskogo zapuska i ostanovki dizelja dlja teplovozov / O. V. Abramov, A. A. Kashhenko // *Lokomotiv*. 2017. № 2 (722). S. 34–35. (In Russian)

10. Har'kin A. S. Jekonomicheskij jeffekt vnedrenija SAZDT na manevrovom lokomotive / A. S. Har'kin // *Trudy 81-j studencheskoj nauchno-prakticheskoi konferencii RGUPS, Voronezh, 28–29 aprelja 2022 goda* / Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, filial v g. Voronezh. Chast' 4. Voronezh: filial federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego obrazovanija "Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija" v g. Voronezhe, 2022. S. 50–55. (In Russian)

11. Svechnikov A. A. Issledovanie intensivnosti padenija temperatur rabochih zhidkostej dizelja manevrovogo teplovoza / A. A. Svechnikov, I. V. Metal'nikov // *Transportnaja nauka i innovacii: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii, Samara, 1–2 ijunja 2023 goda*. Samara: Samarskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, 2023. S. 62–65. (In Russian)

Received: 08.04.2024

Accepted: 24.04.2024

Author's information:

Aleksandr A. SVECHNIKOV — PhD in Engineering, Associate Professor; aa.svechnikov@samgups.ru