



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Оригинальная статья
УДК 629.4.063.7
EDN: <https://elibrary.ru/smtphq>



Экспериментальная оценка возможностей теплового аккумулятора с целью использования в масляной системе дизеля маневрового тепловоза

А. А. Свечников✉, Ю. К. Мустафаев, И. В. Метальников

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),
Самара, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Для увеличения времени холодного простоя тепловозов в зимнее время авторы предлагают использовать тепловые аккумуляторы в масляной системе. Цель исследования — оценить возможность использования тепловых аккумуляторов для повышения температуры порции прокачиваемого масла непосредственно перед запуском дизельного двигателя в условиях отрицательных температур окружающей среды.

Материалы и методы. Объект исследования — тепловой аккумулятор, предполагаемый к использованию в составе масляной системы дизеля. Физический эксперимент проведен в лабораторных условиях на уменьшенной копии аккумулятора с дальнейшим масштабированием результатов на основе теории подобия на маневровый тепловоз. Регистрация параметров температуры осуществлялась в режиме реального времени с помощью автоматизированной системы измерения, собранной на базе микроконтроллера. Статистическая обработка результатов экспериментов выполнялась с помощью Microsoft Excel.

Результаты. Представлены результаты испытаний лабораторного образца теплового аккумулятора для моторного масла. Проведена оценка зависимостей температуры масла внутри теплового аккумулятора и внутри картера дизеля маневрового тепловоза от времени холодного простоя, что доказывает эффективность использования предложенных технических решений.

Обсуждение и заключение. Аккумулятирование тепловой энергии рабочих жидкостей дизельного двигателя тепловоза является перспективным методом, повышающим эффективность предпусковой подготовки тепловозов в условиях отрицательных температур. Метод сохранения тепла, использующийся в тепловом аккумуляторе, является универсальным и может быть применен как для масла, так и для охлаждающей жидкости транспортных дизелей. Предполагаемым объектом применения тепловых аккумуляторов является маневровый тепловоз.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: маневровый тепловоз, дизельный двигатель, масляная система, тепловой аккумулятор, фазовый переход, холодный простой, температура масла

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

✉ aa.svechnikov@samgups.ru (А. А. Свечников)

© Свечников А. А., Мустафаев Ю. К.,
Метальников И. В., 2024



TECHNICAL MEANS OF RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 629.4.063.7

EDN: <https://elibrary.ru/smtphq>



Experimental evaluation of thermal accumulator capabilities for use in the oil system of shunter diesel motor

Alexandr A. Svechnikov✉, Yuriy K. Mustafaev, Ilya V. Metalnikov

Samara State Transport University,
Samara, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In order to increase the cold downtime of diesel locomotives in winter, the authors suggest using thermal accumulators in the oil system. The research considers using thermal accumulators to increase the temperature of the pumped oil portion immediately before starting the diesel motor in negative ambient temperatures.

Materials and methods. The research covers a thermal accumulator suggested for use as part of the diesel motor oil system. The researchers conducted a physical laboratory experiment on a reduced copy of the accumulator and scaled the results to a diesel shunter based on the similarity theory. The temperature parameters were recorded in real time using a microcontroller-based automated measurement system. Microsoft Excel was used for a statistical analysis of the experimental results.

Results. The tests results of the laboratory sample of the thermal accumulator for motor oil are presented. The authors evaluated the dependencies of the oil temperature inside the thermal accumulator and inside the crankcase of the shunter diesel motor on the cold downtime, which proves the effectiveness of the proposed technical solutions.

Discussion and conclusion. Accumulation of thermal energy of locomotive diesel motors service fluids is a promising method increasing the diesel locomotive pre-launch performance in negative temperatures. The heat preservation method used in the thermal accumulator is versatile and may be applied to both oil and cooling liquid of transport diesel motors. The authors propose to use thermal accumulators on diesel shunters.

KEYWORDS: diesel shunter, diesel motor, oil system, thermal accumulator, phase transition, cold downtime, oil temperature

FOR CITATION: Svechnikov A. A., Mustafaev Yu. K., Metalnikov I. V. Experimental evaluation of thermal accumulator capabilities for use in the oil system of shunter diesel motor. *Russian Railway Science Journal*. 2024;83(1):40-49. (In Russ.).

✉ aa.svechnikov@samgups.ru (A. A. Svechnikov)

© Svechnikov A. A., Mustafaev Yu. K.,
Metalnikov I. V., 2024

Введение. Общая протяженность эксплуатационной длины железнодорожных путей России составляет более 100 тыс. км. Каждая из 16 железных дорог России, разделенных по географическому признаку, находится в уникальной климатической зоне. На некоторых железных дорогах страны среднее время эксплуатации тепловозов при отрицательных температурах достигает более 40 % от общего эксплуатационного времени. На сегодняшний день полностью не решена проблема повышенного количества неплановых ремонтов тепловозов в зимний период по причинам преждевременного износа трибосопряжений деталей силовой установки. Не менее актуальной является задача повышения эффективности прогрева дизельных двигателей тепловозов в зимний период.

Статистический анализ расхода топлива маневровыми тепловозами в зимний период показывает, что в среднем на прогрев тратится 6–10 % от общего потребления на тяговые нужды, что говорит о высоком потенциале экономии топлива за счет повышения эффективности прогрева [1–3].

Вопрос повышения эффективности прогрева дизелей тепловозов в зимний период имеет длительную предысторию. На данную тему было выполнено большое количество исследований [4–6]. Многолетние труды ученых позволили наметить конкретные направления по совершенствованию вспомогательных систем тепловоза. Существующие на сегодняшний день системы прогрева тепловозов условно можно разделить на два типа: бортовые и стационарные. Особого внимания заслуживают системы, позволяющие эффективно использовать электрический подогрев [7], вторичные источники энергии (например, теплоту отработавших газов) [8], тепловые аккумуляторы [9, 10].

В последнее время начали появляться новые пути повышения эффективности прогрева. Так, например, применение элементов Пельтье [11] позволяет снизить расход топлива на прогрев на 3–5 %, а использование автономного источника в виде котла-подогревателя на природном газе [12] позволяет прогреть тепловоз более дешевым топливом — метаном.

Несмотря на большое количество научных исследований, в настоящее время повсеместного применения бортовых систем прогрева на тепловозах не наблюдается. Компания ООО «АВП Технология» нашла свой вариант решения — использование системы автоматического запуска дизеля тепловоза (САЗДТ) [13, 14]. Данной системой оборудуются маневровые тепловозы серии ТЭМ18ДМ. Одной из основных проблем использования САЗДТ является то, что ее сложно обслуживать и поддерживать в исправном состоянии. Из-за некачественного обслуживания в работе

системы могут происходить отказы, способные привести к замораживанию воды в системе охлаждения двигателя тепловоза и последующему неплановому ремонту.

Тепловые аккумуляторы можно использовать как дополнение к любому из известных способов повышения эффективности прогрева [15, 16]. Тепловой аккумулятор, наполненный теплоаккумулирующим материалом фазового перехода, является эффективным средством, работающим по принципу термоса и позволяющим накапливать, а потом отдавать тепловую энергию в масляную и водяную системы дизеля тепловоза.

Тепловые аккумуляторы могут быть использованы для увеличения времени холодного простоя тепловоза в зимнее время за счет увеличения времени остывания до критических температур, при которых требуется произвести запуск двигателя для его прогрева. Тем самым достигается экономия топлива за счет увеличения перерывов между горячим простоем, а также экономия ресурса двигателя за счет сокращения количества запусков в период простоя. Также тепловые аккумуляторы могут применяться для предпускового прогрева масла, прокачиваемого через масляную систему двигателя непосредственно во время процедуры запуска.

Таким образом, предполагаемая система предпусковой подготовки должна состоять из контура поддержания температуры водяной системы, а также контура прогрева масла перед запуском дизеля. Следует отметить, что конструкции тепловых аккумуляторов для водяной и масляной систем тепловоза должны быть различными. Для водяной системы предпочтительнее конструкция проточного типа, обеспечивающая непрерывную циркуляцию охлаждающей жидкости через тепловой аккумулятор в целях недопущения промерзания системы в критических местах. Для теплового аккумулятора моторного масла следует отдать предпочтение конструкции накопительного типа с обеспечением залпового прогрева предпусковой порцией масла. В данной статье представлены исключительно результаты экспериментальной оценки возможностей теплового аккумулятора масла.

Анализ имеющегося свободного пространства внутри машинного помещения маневровых тепловозов серий ТЭМ2, ЧМЭЗ, ТЭМ18ДМ показал конструктивную реализуемость данного метода, что в совокупности с вышесказанным говорит об актуальности исследований, направленных на оценку эффективности использования тепловых аккумуляторов на маневровых тепловозах.

Объектом исследования является тепловой аккумулятор, предполагаемый к использованию в составе

масляной системы дизельного двигателя маневрового тепловоза. В целях обеспечения широкого спектра исследований был изготовлен лабораторный образец теплового аккумулятора уменьшенного размера, оснащенный автоматизированной системой измерения температур теплоносителя. Лабораторный образец представляет собой тепловой аккумулятор фазового перехода накопительного типа с внутренним теплообменником. В качестве теплоаккумулирующего материала использовался церезин 80Н (ГОСТ 2488–79)¹.

Целью исследования является экспериментальная оценка возможностей использования тепловых аккумуляторов для повышения температуры порции прокачиваемого масла непосредственно перед запуском дизельного двигателя в условиях отрицательных температур окружающей среды.

Для достижения поставленной цели были решены следующие научно-технические задачи:

- подобрано свободное пространство в машинном помещении маневрового тепловоза для размещения теплового аккумулятора моторного масла;
- создана лабораторная установка и разработан порядок проведения экспериментальной работы;
- проведены испытания образца теплового аккумулятора в условиях научно-исследовательской лаборатории при температурах окружающей среды в диапазоне от -20 до $+25$ °С;
- спрогнозированы результаты работы теплового аккумулятора в масляной системе маневрового тепловоза;
- даны практические рекомендации по использованию тепловых аккумуляторов на маневровых тепловозах.

Для конструктивной проработки теплового аккумулятора моторного масла важной задачей стал подбор свободного пространства в машинном помещении маневрового тепловоза и определение места размещения устройства. В результате решения данной задачи было проанализировано свободное пространство внутри машинного помещения маневровых тепловозов серии ЧМЭЗ, ТЭМ2 и ТЭМ18ДМ.

Как показал анализ свободного пространства в машинном помещении кузова тепловоза, наиболее подходящим местом размещения является пространство сбоку от дизеля (в его нижней части) со стороны масляного теплообменника. Габаритные размеры (с небольшим запасом по пространству), в которые необходимо вписать тепловой аккумулятор масла, составляют в длину 2100 мм, в высоту — 550 мм,

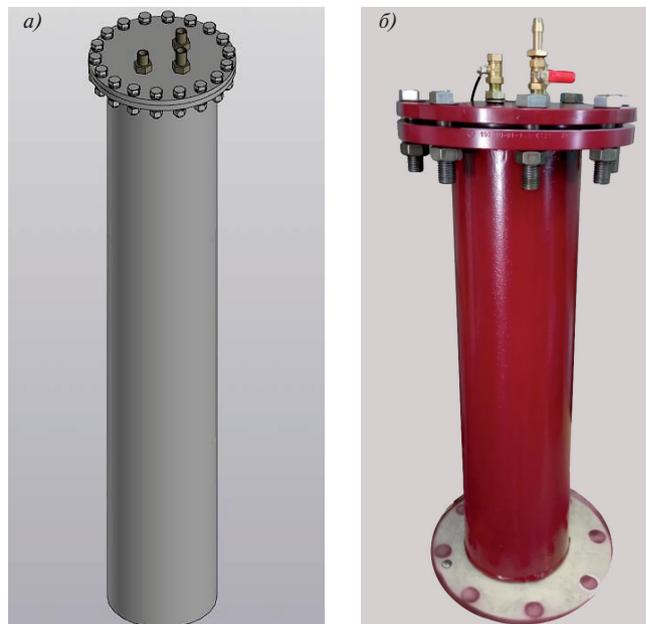


Рис. 1. Общий вид теплового аккумулятора моторного масла:
а — проектируемый тепловозный тепловой аккумулятор;
б — лабораторный образец уменьшенного масштаба

Fig. 1. General view of the motor oil thermal accumulator:
a — diesel locomotive thermal accumulator under design;
b — reduced laboratory sample

в ширину — 350 мм. При прямоугольном сечении полный объем теплового аккумулятора будет равен 404 дм³, при круглом сечении — 200 дм³.

Производительность штатного маслопрокачивающего насоса, установленного на маневровых тепловозах, равна $1,2$ дм³/с. Прокачка масла перед запуском дизеля осуществляется в течение 30 с, значит, для прокачки необходимо минимум 36 дм³ масла. В тепловом аккумуляторе необходимо иметь как минимум двукратный запас масла. Таким образом, при объеме 100 дм³ моторного масла гарантированно хватит для прокачки разогретого масла перед запуском дизеля. Круглое сечение теплового аккумулятора предпочтительней, как наиболее эргономичное с точки зрения эксплуатации и обслуживания, имеющее меньшую эффективную площадь рассеивания тепла и обеспечивающее большую прочность.

Предположительные габаритные размеры теплового аккумулятора масла: длина — 2100 мм; внешний диаметр — 350 мм; диаметр емкости с маслом — 300 мм. Внешний вид теплового аккумулятора масла для маневрового тепловоза представлен на рис. 1, а.

¹ ГОСТ 2488–79. Церезин. Технические условия [Электронный ресурс]: дата введения 1981-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008613/titles> (дата обращения: 30.11.2023).

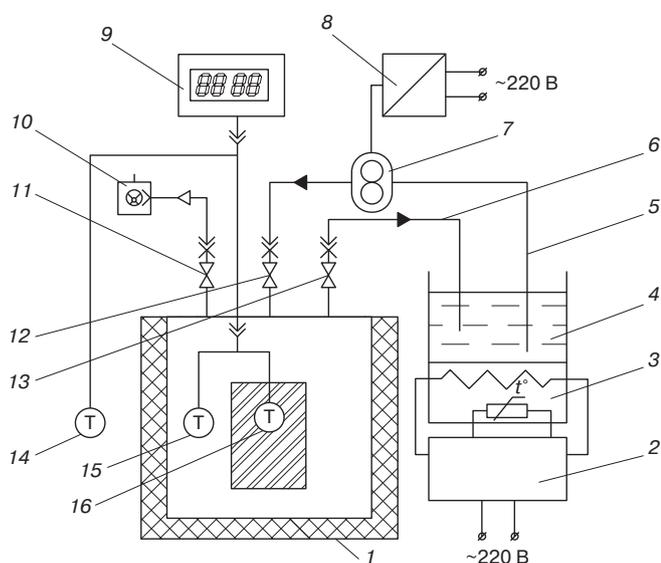


Рис. 2. Схема лабораторного стенда с установленным на него тепловым аккумулятором:

1 — тепловой аккумулятор; 2 — терморегулятор; 3 — нагревательный элемент; 4 — емкость с моторным маслом; 5 — подающая (всасывающая) магистраль масла; 6 — обратная (возвратная) магистраль масла; 7 — шестеренчатый маслонасос; 8 — блок питания насоса; 9 — устройство индикации и регистрации температуры; 10 — вакуумный насос; 11 — запорный кран вакуумной магистрали; 12 — запорный кран обратной магистрали; 13 — запорный кран подающей магистрали; 14 — датчик температуры окружающей среды; 15 — датчик температуры масла в тепловом аккумуляторе; 16 — датчик температуры теплоаккумулирующего материала

Fig. 2. Diagram of the laboratory bench with the installed thermal accumulator:

1 — thermal accumulator; 2 — heat controller; 3 — heating element; 4 — motor oil tank; 5 — oil charging (suction) line; 6 — oil return (recirculation) line; 7 — geared oil pump; 8 — pump power supply; 9 — temperature recorder and indicator; 10 — vacuum pump; 11 — vacuum line shut-off valve; 12 — return line shut-off valve; 13 — supply line shut-off valve; 14 — ambient temperature sensor; 15 — thermal accumulator oil temperature sensor; 16 — heat storing medium temperature sensor

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в условиях научно-исследовательской лаборатории СамГУПС «Газомоторное и водородное топливо» на масштабном образце теплового аккумулятора с объемом масла 8 дм³ (рис. 1, б).

Для оценки эффективности работы лабораторного образца теплового аккумулятора моторного масла в различных температурных условиях был проведен комплекс физических экспериментов. Физический (натурный) эксперимент является наиболее ответственным этапом инженерного анализа, так как именно с помощью эксперимента окончательно подтверждаются или опровергаются выдвинутые гипотезы. Другими словами, эксперимент выполняет контрольные функции.

Одной из главных целей проведения эксперимента является получение недостающей информации о соответствии объекта испытаний (лабораторного образца теплового аккумулятора) предъявляемым к нему требованиям эффективного сохранения тепла рабочего тела при воздействии отрицательных температур.

Кроме планирования и непосредственно проведения экспериментов, важным этапом является статистическая обработка результатов экспериментальных исследований, которая выполнялась с использованием автоматизированных средств — электронных таблиц Microsoft Excel.

Таким образом, методы исследования сочетают в себе физический эксперимент, проведенный в лабораторных условиях, с дальнейшим масштабированием результатов на основе теории подобия на маневровый тепловоз. Регистрация параметров температуры осуществлялась в режиме реального времени с помощью автоматизированной системы измерения, собранной на базе микроконтроллера.

Для проведения физических экспериментов собран лабораторный стенд, схема которого представлена на рис. 2.

Стенд отвечает следующим требованиям и возможностям:

- обеспечивает регистрацию параметров температуры рабочих тел теплового аккумулятора (масла и теплоаккумулирующего материала) и температуры окружающей среды в режиме реального времени;
- обеспечивает процесс зарядки теплового аккумулятора прокачкой масла при постоянной температуре масла в 80 °С;
- имеет защиту от перегрева масла;
- обеспечивает возможность создания отрицательной температуры окружающей среды (от –20 °С);
- обеспечивает возможность перекрытия входного и выходного патрубков масла;
- обеспечивает возможность создания вакуума в межстенном пространстве теплового аккумулятора;
- является безопасным для персонала, проводящего испытание.

Порядок проведения испытаний

1. Подключить тепловой аккумулятор к испытательному стенду при помощи гибких шлангов.
2. Нагреть моторное масло до температуры 80–85 °С.
3. Зарядить тепловой аккумулятор путем прокачки через него горячего масла. Тепловой аккумулятор считается полностью заряженным при достижении температуры теплоаккумулирующего вещества 80–85 °С.
4. Прекратить нагрев масла, остановить прокачку через тепловой аккумулятор и перекрыть входной, выходной патрубки с помощью шаровых кранов.
5. Поместить тепловой аккумулятор в морозильный ларь.

6. Произвести замеры и регистрацию температур рабочих жидкостей в режиме реального времени (каждые 60 с) в течение не менее 10 ч.

7. Повторить данные действия при различных температурах окружающей среды в диапазоне от -20 до -12 °С.

По результатам испытаний построить график зависимости температуры рабочих тел от времени при холодном простое теплового аккумулятора, аппроксимировать результаты испытаний к условиям работы аккумулятора при различной температуре окружающей среды.

При проведении исследований использовалось моторное масло марки М-14В2. В качестве теплоаккумулирующего материала, как уже отмечалось, использовался церезин 80Н (ГОСТ 2488–79²).

Результаты исследования. Результаты проведенных испытаний работы лабораторного образца теплового аккумулятора масла в условиях отрицательных температур окружающей среды представлены на рис. 3.

Так как интенсивность падения температуры напрямую зависит от разности температур между рабочим телом и окружающей средой, прогнозные кривые (2 и 3) на рисунке получены путем смещения экспериментальной кривой для температуры -20 °С на величину Δt , равную разнице между температурой прогноза и температурой эксперимента, вверх по оси ординат и влево до совпадения с начальной точкой графика 80 °С на оси ординат при нулевом времени. Адекватность применяемого алгоритма пересчета подтверждается практически полным совпадением (расхождение не более 2%) экспериментальной кривой, полученной для температуры окружающей среды $+26$ °С, и прогнозной кривой для температуры $+26$ °С путем ее пересчета из экспериментальной кривой, полученной при температуре -20 °С.

На следующем этапе проведения исследования выполнено построение модели, позволяющей прогнозировать температуру масла внутри полноразмерного теплового аккумулятора объемом 100 дм³ путем применения теории подобия на основе данных, полученных на лабораторном образце. Построение прогнозной модели осуществлялось следующим образом.

На начальном этапе построения прогнозной модели были проведены лабораторные исследования по выявлению влияния объема масла на интенсивность падения температуры. Основой данных исследований являлось измерение температуры масла (при использовании разного объема) при холодном простое.

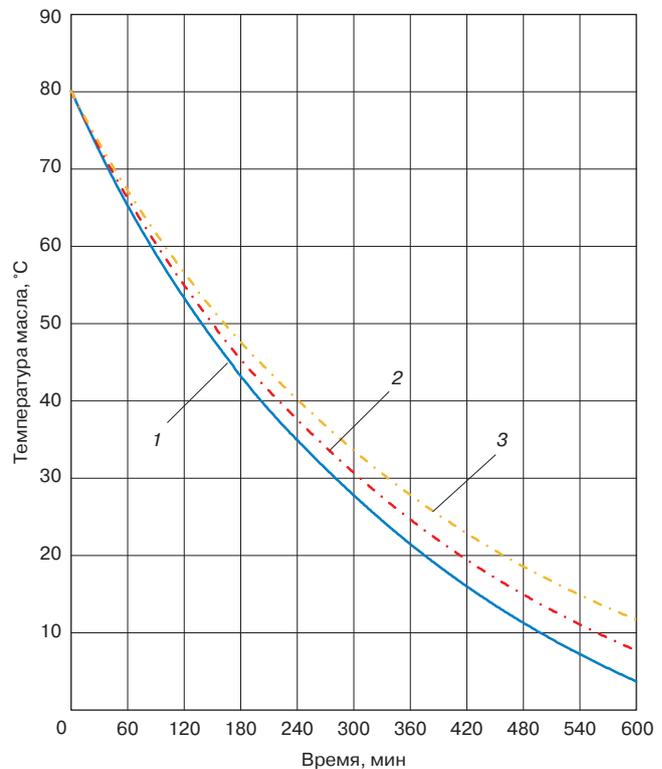


Рис. 3. Зависимость температуры масла внутри теплового аккумулятора от времени холодного простоя:

1 — минус 20 °С (эксперимент);
2 — минус 15 °С (прогноз); 3 — минус 10 °С (прогноз)

Fig. 3. Oil temperature dependence inside the thermal accumulator on cold downtime:

1 — minus 20 °С (experimental);
2 — minus 15 °С (forecast); 3 — minus 10 °С (forecast)

Прогнозная модель построена с использованием экспериментальных зависимостей для 0,5; 2 и 10 дм³. С использованием инструментов Microsoft Excel выполнен регрессионный анализ: получена линия тренда с уравнением зависимости в виде полинома, при помощи которой описана закономерность остывания масла (время в процентах от базового, принятого для объема $0,5$ дм³ по оси x) в зависимости от его объема в литрах (ось y), что позволило эмпирическим путем получить коэффициенты подобия. График зависимости с полученным уравнением регрессии представлен на рис. 4.

Выявленные закономерности позволили построить прогнозную характеристику температуры масла (рис. 5), находящегося внутри теплового аккумулятора тепловоза, за счет экстраполяции экспериментальных данных работы лабораторного теплового аккумулятора (кривая 1) на объем 100 дм³ (кривая 3) и сравнить ее

² Там же. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008613/titles> (дата обращения: 30.11.2023).

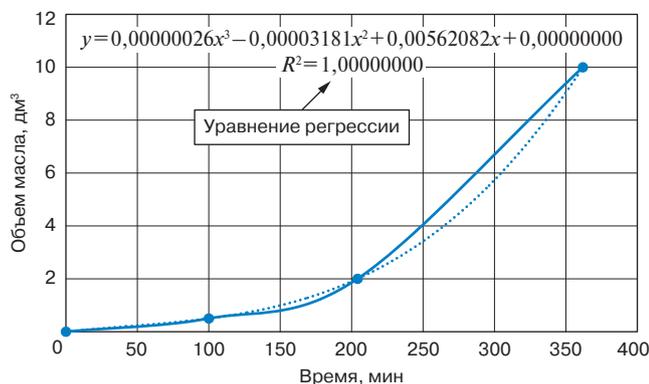


Рис. 4. Результаты построения прогнозной модели в Microsoft Excel

Fig. 4. Microsoft Excel projection simulation results

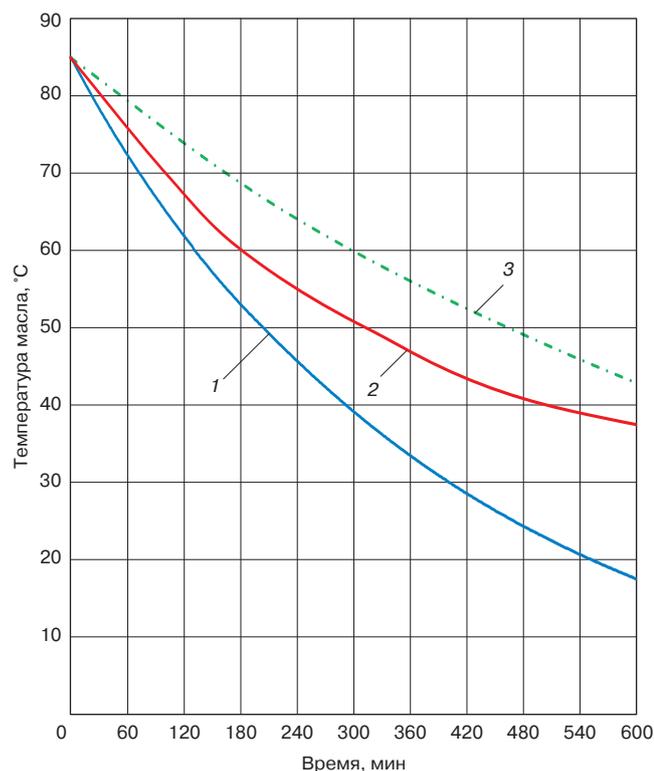


Рис. 5. Зависимость температуры масла от времени при различных объемах (температура окружающей среды -4°C): 1 — тепловой аккумулятор 8 dm^3 (эксперимент); 2 — картер дизеля 550 dm^3 (эксперимент); 3 — тепловой аккумулятор 100 dm^3 (экстраполяция)

Fig. 5. Oil temperature dependence on time at different volumes (ambient temperature -4°C): 1 — thermal accumulator 8 dm^3 (experimental); 2 — diesel crankcase 550 dm^3 (experimental); 3 — thermal accumulator 100 dm^3 (extrapolation)

с кривой падения температуры масла в картере дизеля (кривая 2). Полученные зависимости построены для температуры окружающей среды, равной -4°C .

Кривая 2 была получена путем снятия показателей температуры тепловоза ТЭМ18ДМ по данным АПК «Борт» в момент холодного простоя [17]. Следует отметить, что при предварительном горячем простое на холостом ходу температура масла находилась в диапазоне $60\text{--}65^{\circ}\text{C}$, поэтому кривая 2 графика была построена с использованием прогнозной модели до максимальной рабочей температуры масла в 85°C , предусмотренной технической документацией тепловоза. До такой же температуры осуществлялись зарядка лабораторного образца и пересчет характеристики для проектируемой полноразмерной модели теплового аккумулятора.

Результаты проведенных экспериментов показали, что температура масла внутри тепловозного теплового аккумулятора спустя 3 ч холодного простоя (-4°C окружающей среды) составила 69°C . При этом температура масла в картере дизеля тепловоза в этих же условиях, как следует из результатов расчета, будет составлять 60°C , сохраняя разницу температур в $8\text{--}9^{\circ}\text{C}$ до 8 ч (см. рис. 5), а остывание масла в полноразмерном тепловом аккумуляторе до 60°C произойдет через 5 ч, что дает прирост времени холодного простоя более чем на 60%. Из сказанного выше следует вывод о целесообразности использования средств аккумулирования тепла рабочих жидкостей дизеля тепловоза.

Результаты экспериментальных исследований лабораторного образца теплового аккумулятора проводились при участии представителей Куйбышевской дирекции тяги, что подтверждено протоколом испытаний.

Обсуждение и заключение. Аккумулирование тепла рабочих жидкостей дизеля тепловоза является перспективным методом, повышающим эффективность предпусковой подготовки тепловозов в условиях отрицательных температур. Метод сохранения тепла, использующийся в тепловом аккумуляторе, является универсальным и может быть применен как для масла, так и для охлаждающей жидкости транспортных дизелей. Предполагаемым объектом применения тепловых аккумуляторов является маневровый тепловоз.

По результатам проведенного исследования следует заключить, что при температуре окружающей среды, равной -4°C , использование теплового аккумулятора позволяет осуществить прокачку масла при пуске дизеля с повышенной температурой (на 14–16%), по сравнению с температурой масла в картере, либо обеспечить большую длительность холодного простоя (на 50–60%) при одинаковой конечной температуре остывания моторного масла.

Использование только масляного теплового аккумулятора в составе дизеля позволит снизить износ трибосопряжений деталей дизельной установки,

однако не решит задачу повышения эффективности прогрева тепловоза. Для увеличения времени холодного простоя тепловоза и, как следствие, снижения расхода топлива на прогрев необходимо применять комплексную систему предпусковой подготовки. Такая система должна иметь возможность аккумулировать тепло моторного масла и тепло воды из системы охлаждения, а также осуществлять кратковременный подогрев воздушного заряда в момент пуска дизеля при отрицательных температурах окружающей среды.

Если моторное масло при холодном простое тепловоза полностью стекает в картер дизеля и хранится полным объемом, а вода остается распределенной по различным элементам системы охлаждения, то концепция применения теплового аккумулятора для воды должна отличаться. Важно учитывать тот факт, что вода в системе охлаждения остывает с разной интенсивностью, есть быстро замерзающие участки, такие как труба отвода от калорифера и нижние патрубки секций радиатора. Поэтому система накопления сохранения тепловой энергии воды контура охлаждения двигателя должна соответствовать следующей концепции (следующим требованиям):

1) для теплового аккумулятора воды рекомендуется конструкция с внешним теплоаккумулирующим материалом и прокачкой охлаждающей жидкости через теплообменник, расположенный в теплоаккумулирующем материале;

2) при холодном простое тепловоза необходимо обеспечить периодическую прокачку воды с подмешиванием горячей воды, проходящей через контур теплового аккумулятора, и контролем температур на выходе из зон локального замерзания (отвод калорифера и нижний патрубок секций холодильника), при необходимости увеличивая время прокачки горячей воды из теплообменника теплового аккумулятора;

3) перед пуском дизеля тепловоза необходимо осуществлять прокачку не только масла, но и воды из теплового аккумулятора.

Перспективами дальнейшего повышения эффективности аккумулирования тепла рабочих жидкостей дизеля тепловоза является использование вакуумного слоя в межстенном пространстве тепловых аккумуляторов и разработка алгоритма интеллектуальной работы системы предпусковой подготовки тепловоза, учитывающего фактическую температуру воды в локальных участках системы охлаждения.

Благодарности: авторы выражают благодарность ОАО «РЖД» за финансовую поддержку и Куйбышевской дирекции тяги за содействие в проведении экспериментов.

Acknowledgments: the authors express their gratitude to JSC "Russian Railways" for financial support and the Kuibyshev Traction Directorate for assistance in conducting experiments.

Финансирование: представленные в статье материалы получены 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. Договор о выплате гранта от 26 декабря 2022 г. № 5103675 «Тепловой аккумулятор системы предпусковой подготовки тепловозов в холодное время года».

Finding: the materials presented in the article were obtained as part of the implementation of a grant from Russian Railways for young scientists to conduct scientific research aimed at creating new equipment and technologies for use in railway transport. The agreement on the payment of grant No. 5103675 dated December 26, 2022 "Thermal accumulator of the system of pre-start preparation of locomotives in the cold season".

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest and no financial interests in any material discussed in this article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Чулков А. В., Носков В. О., Логинова Е. С. Влияния режимов работы маневровых тепловозов на расход топлива // *WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS*: сб. статей XXVII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 25 декабря 2018 г.: в 2 ч. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. Ч. 1. С. 72–77 [Chulkov A. V., Noskov V. O., Loginova E. S. The influence of the modes of operation of shunting locomotives on the fuel consumption. In: *WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: XXVII International scientific conference, 25 December 2018, Penza*. Penza: Nauka i Prosveshcheniye Publ.; 2018. Vol. 1. p. 72–77 (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/ysioep>.
2. Белоглазов А. К., Носков В. О., Чулков А. В. Влияние температуры окружающей среды на работу системы охлаждения тепловоза и его агрегатов // *Известия Транссиба*. 2015. № 4(24). С. 11–17 [Beloglazov A. K., Noskov V. O., Chulkov A. V. Ambient temperature of the cooling system on diesel and units. *Journal of Transsib Railway Studies*. 2015;(4):11–17. (In Russ.)]. EDN: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25444195>.
3. Анисимов А. С., Белоглазова Н. А., Носков В. О. Экспериментальные исследования режимов охлаждения и прогрева водяной системы тепловоза // *Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы Пятой Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием, посвященной 75-летию победы в Великой Отечественной войне, 85-летию кафедры "Подвижной состав электрических железных дорог", 120-летию основания Омского гос. ун-та путей сообщения, Омск, 12 ноября 2020 г. Омск: ОмГУПС, 2020. С. 28–35 [Anisimov A. S., Beloglazova N. A., Noskov V. O. Experimental studies of cooling and heating modes of the water system of a locomotive. In: *Operational Reliability of the Locomotive Fleet and Improvement of Train Traction Efficiency: Proceedings of the Fifth All-Russian scientific and technical conference with international participation, dedicated to 75th Anniversary of the victory in the Great Patriotic War, 85th Anniversary of the Electrical Railway Rolling Stock Department, 120th Anniversary of the founding of the Omsk State Transport University, 12 November 2020, Omsk*. Omsk: Omsk State Transport University; 2020. p. 28–35. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/exiwqo>.*
4. Балабин В. Н. О повышении эффективности прогрева двигателей тепловозов // *Железнодорожный транспорт*. 2022. № 11. С. 31–35 [Balabin V. N. Improving diesel locomotive warming-up performance. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2022;(11):31–35. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/rsmmaa>.

5. Андрончев И. К., Саламатин М. А. Методика адаптации прогрева маневрового тепловоза к условиям изменения наружного воздуха // Железнодорожный транспорт. 2010. № 7. С. 58–59 [Andronchev I. K., Salamatin M. A. Adaptation methods of diesel shunter warm-up to outdoor air change. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2010;(7):58-59. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/ouyucb>.

6. Овчаренко С. М., Ринг И. С. Перспективы развития технологий прогрева тепловозов в зимний период // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы науч. конф., посвящен. Дню Российской науки, Омск, 8 февраля 2021 г. Омск: ОмГУПС, 2021. С. 77–82 [Ovcharenko S. M., Ring I. S. Prospects for development of technologies for heating locomotive in the winter period. In: *Innovative Projects and Technologies in Education, Industry and Transport: Proceedings of the scientific conference dedicated to the Russian Science Day, 8 February 2021, Omsk*. Omsk: Omsk State Transport University; 2021. p. 77–82. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/dzinte>.

7. Бакыт Г. Б., Бисенгалиев А. Б., Нажуан М. Н. Система поддержания теплового состояния дизеля тепловоза с помощью электрического подогрева // Молодежь в науке: новые аргументы: VI междунар. молодеж. сб. науч. ст., Липецк, 28 апреля 2020 г. / отв. ред. А. В. Горбенко. Липецк: Аргумент, 2020. С. 20–23 [Bakyt G. B., Bisengaliev A. B., Nazhuan M. N. System of maintaining the thermal state of locomotive diesel motor by means of electric heating. In: Gorbenko A. V. (editor-in-chief) *Youth in Science: New Arguments: VI International collection of young scientific articles, 28 April 2020, Lipetsk*. Lipetsk: Argument Publ.; 2020. p. 20–23 (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/qyeiyr>.

8. Носырев Д. Я., Чертыковцева Н. В. Применение вторичных источников энергии для повышения эффективности эксплуатации маневровых тепловозов в зимнее время // Вестник транспорта Поволжья. 2009. № 3 (19). С. 14–18 [Nosyrev D. Ya., Chertykovtseva N. V. Secondary sources of energy as a way to improve the efficiency of diesel shunters' operation in the winter. *Vestnik transporta Povolzhya*. 2009;(3):14-18. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/kuxfjx>.

9. Кривошеев В. Е., Чепец В. Ю. Методика расчета бака-аккумулятора теплоты для системы автономного подогрева дизеля маневрового тепловоза // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения (Вестник РГУПС). 2012. № 3 (47). С. 148–151 [Krivoshayev V. E., Chepets V. Yu. Design procedure of the storage container of warmth for the system of independent heating of the diesel engine for shunting locomotives. *Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya (Vestnik RGUPS)*. 2012;(3):148-151. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/pcisxd>.

10. Свечников А. А., Крючкова А. А. Тепловой аккумулятор как средство стабилизации температурных режимов наддувочного воздуха и рабочих жидкостей дизеля тепловоза // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 1 (73). С. 23–28 [Svechnikov A. A., Kryuchkova A. A. Thermal accumulator as a way to stabilise the temperature modes of charge air and service fluids of a locomotive diesel motor. *Vestnik transporta Povolzhya*. 2019;(1):23-28. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/inycch>.

11. Прогрев тепловозного дизеля с помощью элементов Пельтье / В. В. Молчанов [и др.] // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: образование — наука — производство: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Чита, 7–8 декабря 2017 г. Чита: Забайкальский ин-т ж.-д. транспорта — филиал Иркутского ун-та путей сообщения, 2017. Т. 1. С. 87–93 [Molchanov V. V., Beloglazov A. K., Noskov V. O., Solyanik N. S. Warming-up diesel locomotive diesel engine using Peltier elements. In: *115th Anniversary of Railway Education in Zabaikalye: Education — Science — Manufacture: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, 7–8 December 2017, Chita*.

Chita: Zabaikalsky Institute of Railways transport — branch of the Irkutsk University of Transport; 2017. Vol. 1. p. 87–93 (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/zmfzla>.

12. Сотченков А. В., Истомина В. С. Использование автономного источника на природном газе для прогрева локомотивов // Инновации и инвестиции. 2019. № 7. С. 165–166 [Sotchenkov A. V., Istomin V. S. The use of an independent source of natural gas for heating of locomotives. *Innovation & Investment*. 2019;(7):165-166. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/igeqzt>.

13. Абрамов О. В., Кашенко А. А. Система автоматического запуска и остановки дизеля для тепловозов // Локомотив. 2017. № 2 (722). С. 34–35 [Abramov O. V., Kashchenko A. A. Locomotive diesel automatic start-stop system (SAZDT). *Lokomotiv*. 2017;(2):34-35. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/xwprwpcr>.

14. Харькин А. С. Экономический эффект внедрения САЗДТ на маневровом локомотиве // Труды 81-й студенческой научно-практической конференции РГУПС, Воронеж, 28–29 апреля 2022 г. Воронеж: филиал РГУПС, 2022. Ч. 4. С. 50–55 [Harkin A. S. Economic effect of introducing a locomotive diesel automatic start-stop system (SAZDT) on a shunting locomotive. In: *Proceedings of the 81st student scientific and practical conference of RGUPS, 28–29 April 2022, Voronezh*. Voronezh: RGUPS Branch; 2022. Part 4. p. 50–55. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/ekduen>.

15. Svechnikov A. A., Mutayev M. A. The use of phase transition heat accumulators for pre-start preparation of diesel locomotives. *AIP Conference Proceedings*. 2023;2476(1):020052. <https://doi.org/10.1063/5.0103085>.

16. Свечников А. А., Метальников И. В. Перспективы совершенствования масляной системы дизелей тепловозов // Наука и образование транспорту. 2018. № 1. С. 66–68 [Svechnikov A. A., Metal'nikov I. V. Prospects of improving the oil system of locomotive diesel motors. *Science and education of transport*. 2018;(1):66-68. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/yzafvr>.

17. Свечников А. А., Метальников И. В. Исследование интенсивности падения температур рабочих жидкостей дизеля маневрового тепловоза // Транспортная наука и инновации: материалы междунар. науч.-практ. конф., Самара, 1–2 июня 2023 г. / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара: СамГУПС, 2023. С. 62–65 [Svechnikov A. A., Metal'nikov I. V. A research of service fluid temperature reduction intensity in shunter diesel motors. In: *Transport Science and Innovation: Proceedings of the international scientific and practical conference, 1–2 June 2023, Samara*. Samara: Samara State Transport University; 2023. p. 62–65. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/rmbxlx>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Александрович СВЕЧНИКОВ,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры тягового подвижного состава, Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС, 443066, г. Самара, ул. Свободы, д. 2В), Author ID: 663061, <https://orcid.org/0000-0003-3285-568X>

Юрий Кямалович МУСТАФАЕВ,

канд. техн. наук, доцент кафедры механики и инженерной графики, Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС, 443066, г. Самара, ул. Свободы, д. 2В), Author ID: 647668, <https://orcid.org/0009-0003-4003-9110>

Илья Владимирович МЕТАЛЬНИКОВ,

старший преподаватель, кафедра механики и инженерной графики, Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС, 443066, г. Самара, ул. Свободы, д. 2В); Author ID: 1020476, <https://orcid.org/0009-0002-2275-6688>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexandr A. SVECHNIKOV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Traction Rolling Stock Department, Samara State Transport University (443066, Samara, 2V, Svobody St.), Author ID: 663061, <https://orcid.org/0000-0003-3285-568X>

Yuriy K. MUSTAFAEV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Samara State Transport University (443066, Samara, 2V, Svobody St.), Author ID: 663061, <https://orcid.org/0009-0003-4003-9110>

Ilya V. METALNIKOV,

Senior Lecturer, Department of Mechanics and Engineering Graphics, Samara State Transport University (443066, Samara, 2V, Svobody St.), Author ID: 1107392, 1020476, <https://orcid.org/0009-0002-2275-6688>

ВКЛАД АВТОРОВ

Александр Александрович СВЕЧНИКОВ. Анализ результатов исследований других авторов, создание лабораторного образца теплового аккумулятора. Планирование и проведение физического эксперимента по оценке эффективности хранения тепла внутри лабораторного образца теплового аккумулятора. Подготовка и редактирование текста статьи (40%).

Юрий Кямалович МУСТАФАЕВ. Создание лабораторной установки, в том числе сборка и настройка измерительной части. Построение прогнозной модели на основе теории подобия в Microsoft Excel, позволяющей масштабировать результаты исследований на маневровый тепловоз (40%).

Илья Владимирович МЕТАЛЬНИКОВ. Статистическая обработка результатов эксперимента в Microsoft Excel, в том числе построение зависимостей, анализ и интерпретация результатов (20%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Alexandr A. SVECHNIKOV. Analysis of other authors research results, creation of a laboratory sample of the thermal accumulator. Planning and conducting the physical experiment to evaluate the heat storage performance inside the thermal accumulator laboratory sample. Article drafting and editing (40%).

Yuriy K. MUSTAFAEV. Creation of the laboratory setup, including assembly and adjustment of the measuring part. Building of forecast model based on the similarity theory in Microsoft Excel to scale the research results to a diesel shunter (40%).

Ilya V. METALNIKOV. Statistical processing of the experimental results in Microsoft Excel, including the construction of dependencies, results analysis and interpretation (20%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 04.12.2023, рецензия от первого рецензента получена 26.12.2023, рецензия от второго рецензента получена 12.01.2024, принята к публикации 26.01.2024.

The article was submitted 04.12.2023, first review received 26.12.2023, second review received 12.01.2024, accepted for publication 26.01.2024.



ПАТЕНТЫ ВНИИЖТ

СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА О ПРИБЛИЖЕНИИ ПОЕЗДА

В. В. Седов, Д. Е. Щелобов, И. А. Зайцев,
А. В. Каменев, О. А. Макарычева

Заявляемое устройство относится к средствам определения приближения подвижного состава к месту установки средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава и местам проведения работ на железнодорожных путях с оповещением работающего на путях персонала. Устройство включает блок обработки информации, соединительную панель, световой информатор номера занятого пути, световой информатор направления движения поезда, речевой информатор приближения поезда/звуковой сигнализатор исправности устройства, звуковой сигнализатор приближения поезда/исправности устройства, концевой выключатель, датчики определения

месторасположения поезда на путях участка контроля. Блок обработки информации содержит кнопку подтверждения, регистратор событий, плату процессора, входную плату, плату индикации, звуковой модуль, выходную плату, плату блока питания и плату фильтров. Устройство выполнено с возможностью контроля свободности участка, имеющего до четырех путей. Достигается повышение надежности и достоверности оповещения.

Патент на изобретение RU 2803222 С1, 11.09.2023.

Заявка № 2023106373 от 17.03.2023.

<https://elibrary.ru/item.asp?id=54659519>

По вопросам использования интеллектуальной собственности обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Митищинская ул., д. 10, Научно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (495) 602-83-01, e-mail: journal@vniizht.ru, www.vniizht.ru