Vyazinkin Victor – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for the Use of Engineering and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Zabrodskaya Alla – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for the Use of Engineering and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Zhernovnikov Dmitry – engineer of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for the Use of Engineering and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 27.06.2019 Принята к публикации (Accepted): 30.07.2019

УДК62-533.65
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-97-108

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНОГО УГЛЕРОДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В НАГРЕВАТЕЛЯХ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ МОТОРНОГО МАСЛА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

[1]Ягубов Виктор Сахибович
[1]Щегольков Александр Викторович
[1]Нагдаев Владимир Константинович
[1]Ткачев Алексей Григорьевич
[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Использование электронагревателей для улучшения температурного состояния отдельных элементов автотранспорта позволяет улучшить пуск и снизить токсичность выхлопных газов. Изучали возможность применения углеродных нанотрубок (УНТ) в бинарном наполнителе нагревательных элементов для тепловой подготовки узлов автотранспортной техники. В качестве основы нагревательного элемента, использовали кремнийорганический компаунд (КОК) «Силагерм 8030, электропроводящих наполнителей - смесь УНТ с электроугольным графитом ЭУ-1. Разработана методика изготовления нагревателей. Установлены оптимальные концентрации бинарного наполнителя. Изучены электрофизические параметры изготовленных образцов нагревателей. С помощью тепловизионной съемки установили, что работоспособность исследуемых нагревателей не зависит от их формы*. В *ходе исследований выявлено, что при изменении температуры окружающей среды от минус 64 до +20 °С электрическое сопротивление нагревателя изменяется от 99 до 59 Ом. Это свидетельствует о положительном температурном коэффициенте сопротивления и о том, что разработанные нагреватели обладают эффектом саморегулирования температуры. Обоснованы режимные параметры электронагревателей на основе полимеров, модифицированных углеродными нанотрубками, работающих от источника переменного тока под напряжением 110 В. Саморегулируемый нагреватель, подключенный к такому источнику переменного тока, позволяет нагреть моторное масло с -20 °С до +15 °С за 22 мин.*

Ключевые слова: *наномодифицированный кремнийорганический компаунд, углеродные нанотрубки (УНТ), электронагрев, саморегулирование, двигатель внутреннего сгорания, электроугольный графит.*

APPLICATION OF NANOSTRUCTURAL CARBON FILLER IN HEATERS FOR REGULATING THE TEMPERATURE OF MOTOR OIL IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES UNDER THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

[1]Yagubov Victor
[1]Shchegolkov Alexander

[1]***Nagdaev Vladimir***
[1]***Tkachev Alexey***
[1]*FSBEI HE "Tambov state technical university"*

Abstract. *The use of electric heaters to improve the temperature state of individual elements of vehicles can improve start-up and reduce toxicity of exhaust gases.The possibility of using carbon nanotubes (CNTs) in the binary filler of heating elements for the thermal preparation of automotive engineering nodes was studied.Organosilicon compound (COC) "Silagerm 8030 was used as the basis of the heating element, - A mixture of CNTs with electro-carbon graphite EU-1 was used as electrically conductive fillers. The method of manufacturing heaters was developed. The optimal concentration of the binary filler was established. The electrophysical parameters of the fabricated heater samples were studied. It was established using thermal imaging that the performance of the studied heaters does not depend on their shape. It was revealed during the research that when the ambient temperature changes from minus 64 to + 20 ° C, the electric resistance of the heater changes from 99 to 59 Ohms. This indicates a positive temperature coefficient of resistance and that the developed heaters have the effect of temperature self-regulation. The operating parameters of electric heaters based on polymers modified by carbon nanotubes operating from an alternating current source under voltage 110 V are justified. A self-regulating heater connected to such an alternating current source allows the engine oil to be heated from -20 ° C to +15 ° C in 22 minutes.*

Key words*: nanomodified organosilicon compound, carbon nanotubes (CNTs), electric heating, self-regulation, internal combustion engine, electro-carbon graphite.*

Введение. Современная доктрина развития парка автотранспортной техники в РФ связана с ростом её стоимости[1] и численности [3]. При этом доля низкодоходных слоев населения России с каждым годом возрастает [2], что приводит к тенденции развития, как рациональной, так и необоснованной экономии на техническом обслуживании транспортных средств. Рост автотранспортной техники на дорогах России приводит к обострению экологических проблем, которая связана с токсичностью выхлопных газов [4]. Снижение токсичности автотранспорта сводится к поиску технических решений, которые позволяют снизить объемы опасных выбросов в окружающую среду при повседневной эксплуатации автомобилей [5-7].

Самые опасные и токсичные выхлопные газы выделяются при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС)в условиях отрицательных температур, особенно при начальном пуске ДВС «на холодную» [8,9]. В связи с этим разработка устройств, для тепловой предпусковой подготовки узлов автотранспортной техники, является актуальной задачей.

На сегодняшний день существует огромное количество различных устройств, которые способны прогревать узлы ДВС, питаясь как от внешних источников электрического тока, так и от бортовой сети автомобиля. Следовательно, данные устройства разделяются на два типа: автономные и неавтономные.

Автономные подогреватели имеют сложную конструкцию. Принцип работы автономных подогревателей основан на сгорании топлива, в процессе которого нагревается теплообменник с охлаждающей ДВС жидкостью.

Известны автономные подогреватели от немецкой фирмы «Webasto», которые способны обеспечить от 4 до 30 кВт тепловой мощности и способны работать на различном виде топлива: дизель, бензин и метан. После того, как в 1975 году фирма «Webasto» заключила договор с советским правительством и продала лицензию на производство жидкостного подогревателя для грузовых автомобилей модели «DBW 2010» [10], появилась компания на базе Ржевского завода автотракторного электрооборудования «Элтра-Термо». Предпусковые автономные подогреватели от фирмы «Элтра-Термо» способны вырабатывать от 5 до 30 кВт тепловой мощности [11]. Фирма «Адверс», выпускает автономные подогреватели «Теплостар» смощностью4-15 кВт [12]. Отопительные системы «Hydronic» от немецкой компании «Eberspacher» имеют номинальную тепловую мощность, находящуюся в диапазоне для легковых автомобилей: 4-5 кВт, для грузовых: 10-35 кВт [13].Известны автономные предпусковые жидкостные подогреватели «ПЖД» выпускаемые заводом «ШААЗ» (Россия, Шадринск) [14]. Данный вид подогревателей осуществляет прогрев жидкости системы охлаждения автотранспортной техники перед пуском

двигателя при отрицательных температурах, обеспечивая тепловую мощность от 7 до 63 кВт. Такой мощности подогревателей достаточно для того, чтобы устанавливать их на грузовые автомобили (ЗИЛ, ГАЗ, КамАЗ, МАЗ, Урал, КАВЗ, БелАЗ, НефАЗ), на автотракторной и другой сельскохозяйственной технике.

Наряду с автономными, предпусковыми подогревателями существуют также и неавтономные. Работоспособность таких типов нагревателей обеспечивается электропитанием от внешнего источника переменного электрического тока с номинальным напряжением 220 В. В основном, эти устройства представляют собой нагревательные ТЭНы, которые можно монтировать в картер, блок цилиндров и др. части ДВС. Известны нагревательные элементы «Старт МИНИ», которые можно устанавливать в блок цилиндров ДВС таких марок автомобилей как «Toyota», «Hyundai» и др. Номинальная мощность составляет 0,6 кВт [15]. Известны так же устройства различной конструкции от фирмы «DEFA», мощность которых находится в пределах от 0,3 до 1,5 кВт [16]. Известны схожие по конструкции предпусковые подогревательные ТЭНы «Calix RE 167», «Calix RE 163» и «Calix RE 153» производимые ООО «Вебер» (Россия, Санкт-Петербург) [17]. Их мощность составляет 550 Вт. Устанавливаются на автомобили марок «Fiat», «Ford», «Iveco», «Mitsubishi» и др. Основным недостатком неавтономных подогревателей является потребность в источнике переменного тока с напряжением 220 В.

Известны также гибкие нагревательные пластины, которые представляют собой металлический нагревательный элемент, который залит силиконом и упакован в изоляцию. Яркими представителями фирм, выпускающих такие нагреватели, являются «Keenovo»и «Hotstart». Нагревательные пластины «Keenovo» производят с разной мощностью от 100 до 1350 Вт. Питающее напряжение может быть осуществлено как от бортовой сети автотранспортного средства с номинальным напряжением 12-24 В., так и от сети переменного тока с напряжением 220 В. При подаче на них электрического напряжения они поддерживают температуру на своей поверхности от 90 до 180°С [18].

Нагревательные пластины от фирмы «Hotstart» имеют схожий вид и технологическую конструкцию с вышеописанными нагревателями. Нагреватели модели «Hotpads AF40024VDC», рассчитанные на работу под напряжением постоянного электрического тока 24 В. имеют мощность 400 Вт [19]. У фирмы «Keenovo» максимальная мощность нагревательных пластин, питающихся от бортовой сети грузового автомобиля, составляет 250 Вт.

Недостатком гибких нагревательных пластин является присутствие специальных дополнительных средств автоматического регулирования. Они снижают надежность и увеличивают стоимость нагревательных пластин.

Важным направлением современного материаловедения является создание новых полимеров, модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ), которые под действием электрического тока, обладают эффектом саморегулирования температуры при их тепловыделении. Одним из направлений применения таких материалов являются антиобледенительные системы[20,21].

В работе [22] представлен гибкий нагреватель, в качестве электропроводящей фазы в котором использовали УНТ. Авторы статьи [23] провели исследования электропроводящих саморегулируемых материалов, которые представляли собой полимер-наполненные системы [24], модифицированные 14-25 масс.% электропроводящего технического наноуглерода. Следовательно, внедрение углеродных наноматериалов в состав полимеров может быть началом фундаментальных исследований материалов, которые в свою очередь найдут свое применение в основе систем электронагрева, не нуждающихся в дополнительных устройствах регулирования электрофизических параметров.

Цель исследования – обосновать применение УНТ в качестве одной из составляющих бинарного наполнителя, используемого в качестве активной греющей дисперсной фазы в основе нагревательных элементов для тепловой подготовки узлов автотранспортной техники.

Задачи исследования – разработать методику изготовления эластомера, модифицированного бинарным наполнителем; изготовить лабораторные образцы нагревателей для неавтономного режима подогрева; доказать присутствие эффекта саморегулирования электрофизических параметров для разработанных наномодифицированных эластомеров; произвести исследования значений затраченного времени на нагрев моторного масла, используемого в автотранспортной

технике при использовании лабораторных образцов нагревателей, монтированных на картер ДВС и масляный фильтр.

Материалы и методы исследования. В качестве основы нагревательного элемента, использовали кремнийорганический компаунд (КОК) «Силагерм 8030», состоящий из двух компонент Аи В, которые необходимо смешивать в соотношении 1А:1В (ООО «ПО «Технология Пласт», Москва, Россия)). В качестве электропроводящих наполнителей, инициирующих нагрев и эффект саморегулирования температуры, использовали смесь углеродных нанотрубок (УНТ) «Таунит» (ООО «НаноТехЦентр», Тамбов, Россия) с электроугольным графитом ЭУ-1 (ЭУГ)("РОСГРАФИТ", Свердловская область, Россия).Для удаления, образовавшихся во время хранения, агрегатов УНТ их перемалывали с помощью многофункциональной мельницы WF-20B (Китай) в течение 1 мин. при скорости вращения лопастей 25000 об/мин. Для предотвращения попадания в КОК влаги УНТ сушили в вакуумном термошкафе «ВТШ-К52-25» (Москва, Россия) при температуре 110 ^{0}С и давлении 10^{-1} МПа в течении 5 ч. Распределение температурного поля по образцам электронагревателей исследовали с помощью бесконтактного метода измерения температуры, который реализован в тепловизоре «Testo 871–1» (Шварцвальд, Германия).

Технологический процесс изготовления нагревательного элемента состоял из двух этапов. На первом этапе приготавливали наномодифицированный КОК (НКОК). Для изготовления 5 г. НКОК в чистую тару объёмом 10 мл добавляли 0,7 г. УНТ и 0,6 г. ЭУГ и перемешивали оба компонента до получения однородного бинарного наполнителя в мельнице в течение 5 мин. Затем бинарный наполнитель смешивали с 3,7 г. КОК при частоте вращения лопастей 1000 об/мин в течение 5 мин. с помощью лопастной мешалки. Полученный НКОК помешали в вакуумный термошкаф и вакуумировали при температуре 25 °С в течение 5 мин.

На втором этапе производили формовку НКОК по методике, представленной на рисунке 1. Методика заключалась в формовании НКОК между двумя электродами, изготовленными из алюминиевой фольги толщиной 100 мкм (ООО «Уральская фольга»,Михайловск, Россия). Для достижения равномерной толщины нагревательного элемента при формовке использовали два стекла, размеры которых зависели от размеров изготавливаемого нагревателя и 2 мм ограничители толщины. Таким образом получали заготовки для образцов нагревателей на основе НКОК, которые после формовки подвергали полимеризации при температуре 90 °С в течение 17 ч.

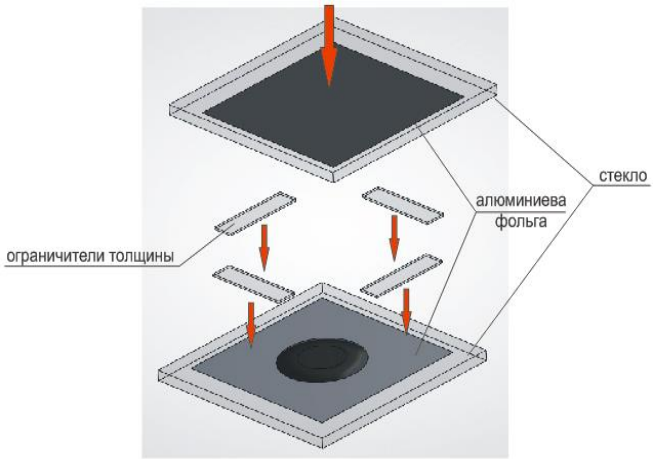


Рисунок 1 – Методика формования НКОК.

После полимеризации заготовки нагревателей извлекали из форм и обрезали до необходимых размеров (рисунок 2). Для подвода электрического напряжения к образцам нагревателей припаивали провода с поперечным сечением 2 мм. припоем «ПОС 61» и флюсом для низкотемпературной пайки алюминия. Для безопасности исследований, образцы нагревателей изолировали 3 слоями самоклеящейся пленки «ORACAL 640» («ООО ПЛАСТТОРГ», Россия, г. Тамбов).

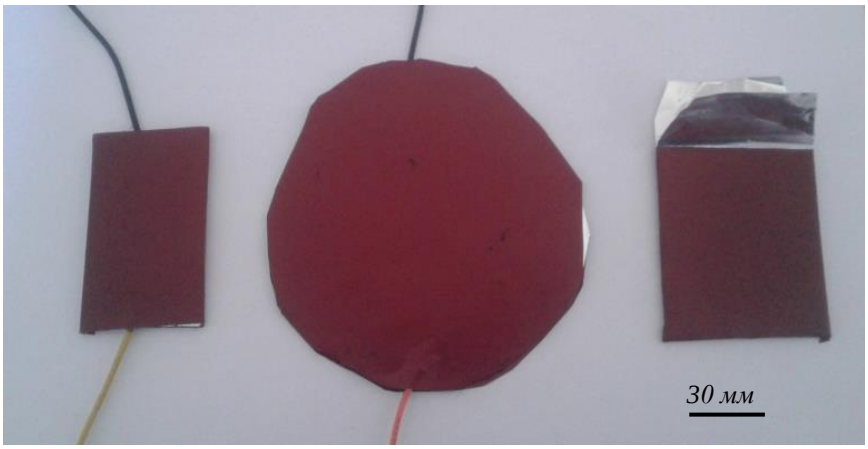


Рисунок 2 – Образцы нагревателей с различной формой.

Методика исследования электрофизических параметров образцов нагревателей. Исследования электрофизических параметров нагревателей и эффекта саморегулирования производили на разработанном измерительном стенде [25]. В качестве источника переменного тока использовали лабораторный автотрансформатор «Ресанта ЛАТР TDGC2-3» (Москва, Россия). В качестве измерительных приборов использовали мультиметры «АМ- 1095» (ООО ТД "Прибор-Энерго", Екатеринбург, Россия) и «WH5000» (Чжанчжоу, Китай), которые обеспечивали синхронизацию с персональным компьютером (ПК) с помощью USB и COM интерфейсов. Это позволило производить запись измеряемых параметров.

Для доказательства эффекта саморегулирования образец нагревателя помещали в камеру тепла-холода «КТХ-1000» («НПФ Технология», Санкт-Петербург, Россия) и подключали к источнику переменного тока с напряжением 220 В. Для отслеживания изменения величины электрического тока, последовательно в схему ,в режиме амперметра подключали мультиметр «АМ-1095». Благодаря связи «АМ-1095» с персональным компьютером, с помощью COM–интерфейса, произвели запись экспериментальных данных изменения значений силы тока от окружающей образец нагревателя температуры. В камере устанавливали режим: нагрев с -64 °С до +20 °С.

Полученные значения силы тока пересчитывали в электрическое сопротивление согласно закону Ома, формула 1.

$$R = \frac{U}{I}, \tag{1}$$

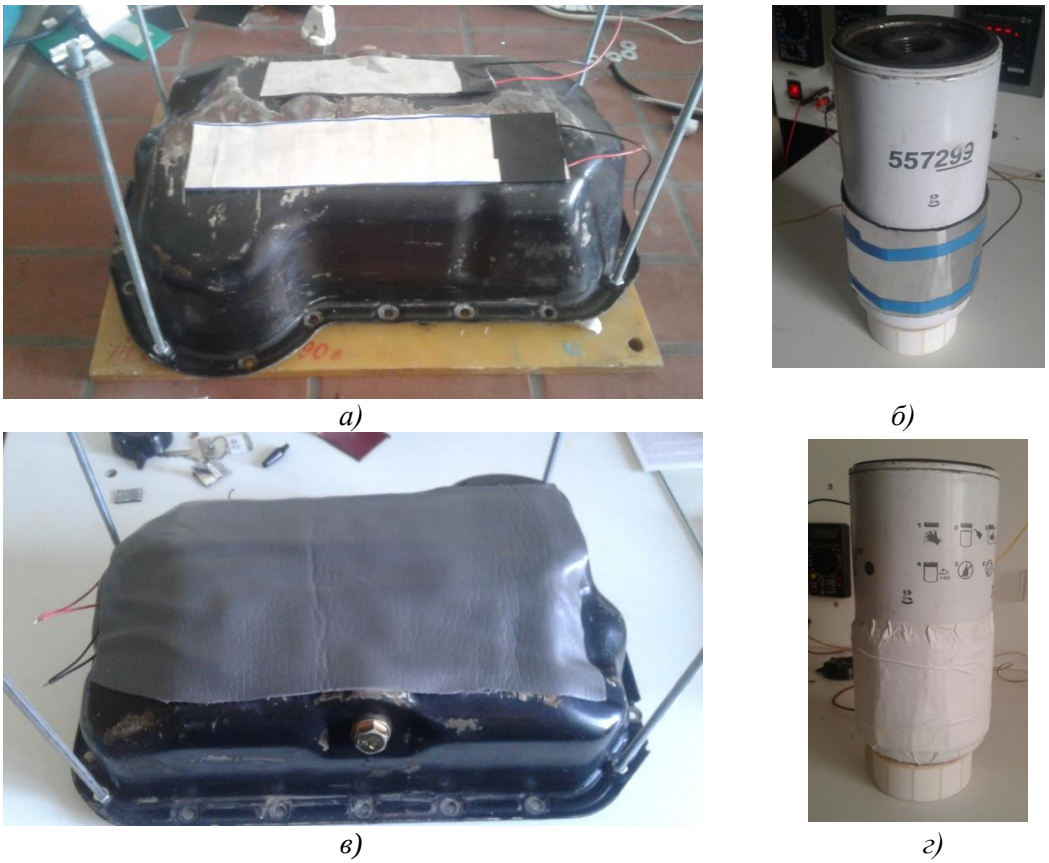
где R – значение электрического сопротивления, Ом; U – напряжение переменного тока, питающее образец нагревателя, В; I – значение электрического тока, А.

На основании рассчитанных значений построили графическую зависимость изменения значений электрического сопротивления от температуры, в программном обеспечении «Origin 2018».Произвели обработку экспериментальных расчетных данных по методу наименьших квадратов (линейная регрессия) с использованием уравнения 2 [26]

$$Y = A + B \times x. \tag{2}$$

Методика исследования затрачиваемого времени на разогрев узлов автотранспортной техники при отрицательных температурах. Для данного исследования использовали картер ДВС марки RP, устанавливаемых на автомобили WVGolf, Jetta, PassatB3 и SeatToledo; и масляный фильтр«WIX», устанавливаемый на тракторную технику марки «JohnDeere».

На внешнюю нижнюю часть картера крепили два образца электронагревателяс помощью двустороннего скотча «STOKVIS» (Германия), рисунок 3а. Наружную сторону нагревателей теплоизолировали с помощью вспененного полиуретана с клеевым слоем «СПЛЕН» толщиной 5 мм (ООО «Стандартпласт», Москва, Россия), рисунок 3в. Аналогично осуществляли крепление образца электронагревателя на корпус масляного фильтра, рисунок 3б, 3г.



а) *б)*

в) *г)*

Рисунок 3 –Картер и маслянный фильтр с лабораторными образцами нагревателей.

Исследование времени нагрева 1 л. моторного масла «SAE 10W-40 APISM/CF» («MANNOL», Гамбург, Германия) при различной начальной температуре, залитого в картер и масляный фильтр. Детали помещали в морозильную камеру «КМ-0,13» (ООО «МАЯК», Йошкар-Ола, Россия) и охлаждали до -1, -10, -15 и -20 °С, рисунок 4. Температуру нагрева моторного масла контролировали с помощью термопары ХК, подключенной к мультиметру «WH5000».

а) б)

(а – испытания с картером ДВС, б – испытания с масляным фильтром)

Рисунок 4 – Испытания нагревателей в морозильной камере

Результаты и их обсуждения. Проведенные исследования показали, что работоспособность нагревателей не зависит от их формы, что подтверждено тепловизионной съемкой на рисунке 5. Так же установлено, что нагреватели демонстрируют тепловыделения с равномерным температурным полем.

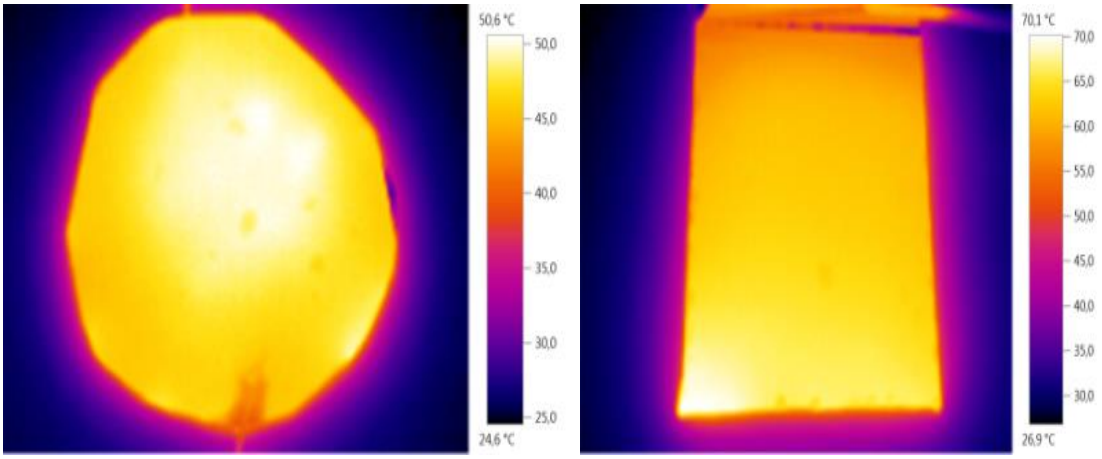


Рисунок 5 – Фото тепловизионного исследования нагревателей различной формы на основе наномодифицированного полимера при питании от источника переменного тока

В ходе исследований выявлено, что при изменение температуры окружающей среды с минус 64 до + 20 °С сопровождается ростом значений электрического сопротивления нагревателя с 99 до 59 Ом, рисунок 6. Этот эффект подтверждает, что материал обладает положительным температурным коэффициентом сопротивления. Соответственно, разработанные нагреватели обладают эффектом саморегулирования температуры. Погрешность при построении аппроксимирующей прямой для коэффициентов А иВсоставляет 0,21 и 0,005, соответственно.

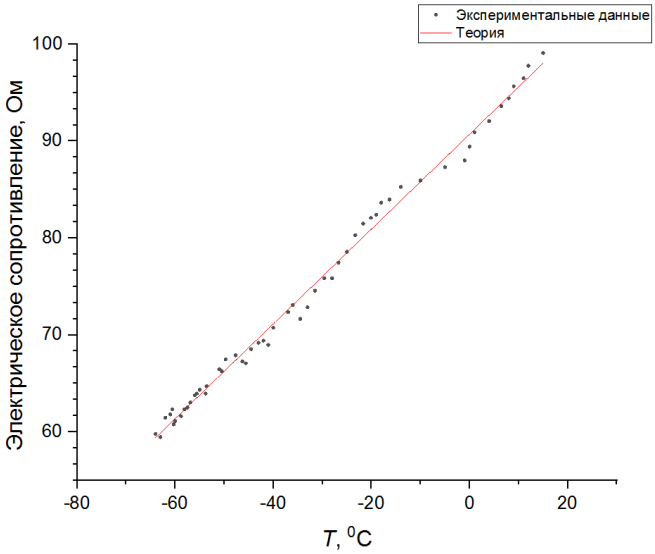


Рисунок 6 – Эффект саморегулирования образца нагревателя.

Аппроксимация экспериментальных данных имеет вид:

$$R(t) = 90{,}71 + 0{,}49t\,. \qquad (3)$$

Исследования, проведенные с использованием морозильной камеры, позволили оценить время, затраченное на нагрев моторного масла в картереза счет тепловыделений саморегулируемого нагревателя, рисунок 7. Саморегулируемый нагреватель, подключенный к источнику переменного тока под напряжение110 В, позволил нагреть моторное масло с –20 °С до +15 °С за 22 мин.

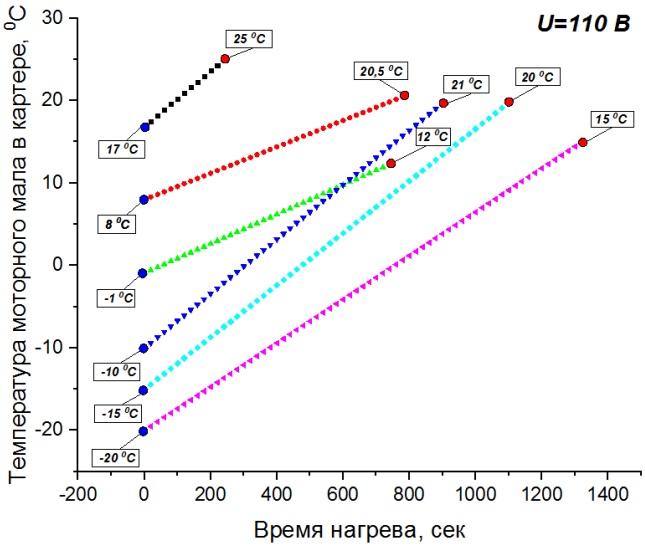


Рисунок 7 – Время нагрева моторного масла при положительных и отрицательных температурах саморегулируемыми нагревателями

Для моторного масла в фильтре - динамика разогрева имеет вид, представленный на рисунке 8. Саморегулируемый нагреватель, подключенный к источнику переменного тока под напряжение 75 В. позволил нагреть моторное масло с -20 °С до +14 °С за 18,3 мин.

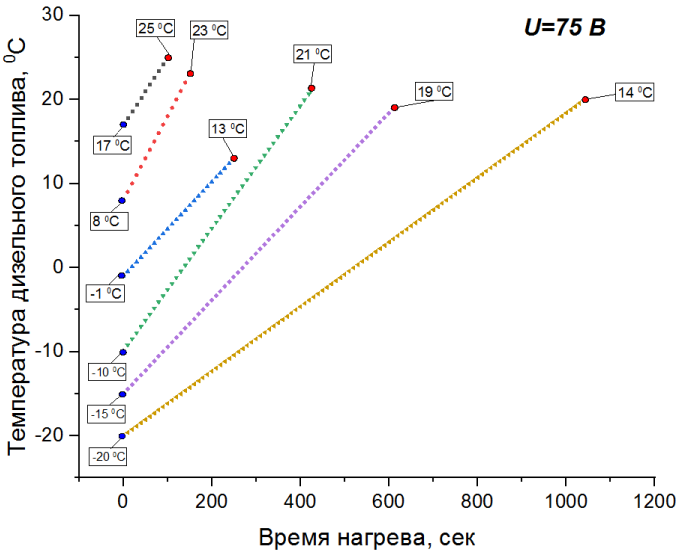
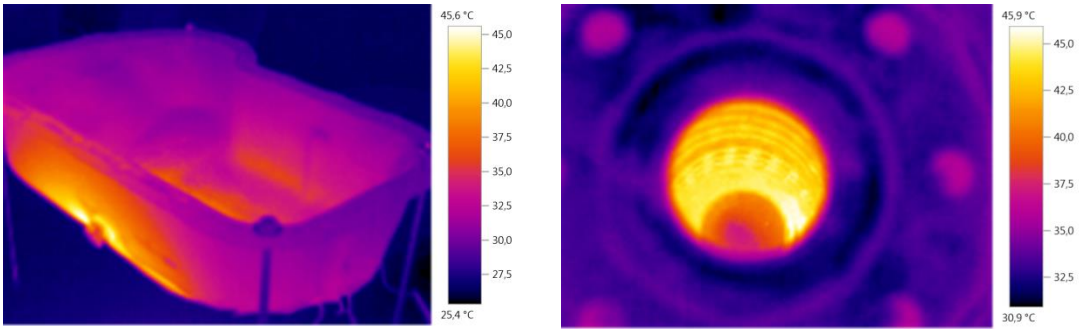


Рисунок 8 – Время нагрева моторного масла при положительных и отрицательных температурах саморегулируемыми нагревателями

Технология изготовления электронагревателей позволяет получать образцы наномодифицированных нагревателей, которые рассчитаны на питание от сети переменного тока с напряжением до 220 В.

Анализ проведенных исследований позволяет сделать вывод, что нагреватель обладает эффектом саморегулирования температуры и при тестировании в условиях температуры окружающей среды +25 °С происходит более низкое тепловыделение от нагревателей.

Исследования распределения температуры по обогреваемым объектам представлены на рисунке 8.



а) *б)*

(а – термограмма картера ДВС, б – термограмма масляного фильтра)

Рисунок 8 – Термограммы узлов автотранспортной техники подогреваемой саморегулируемыми нагревателями

Особенности работы нагревателей под напряжением 110 и 220 В. позволяют снизить токовую нагрузку на питающие нагреватель проводники. Применение умножителей напряжения или портативных инвертеров (с 12 или 24 В до 110 и 220 В) решает вопрос стационарного питания от АКБ и генератора автотранспортной техники. При этом создается возможность электропитания без преобразователей от внешней электрической сети, что актуально при длительных стоянках и хранении техники в специализированных ангарах.

Выводы. 1. Разработана методика изготовления эластомера, в результате чего были установлены оптимальные концентрации бинарного наполнителя.

2. Проведены работы по изготовлению лабораторных образцов нагревателей для неавтономного режима подогрева узлов автотранспортной техники.

3. Установлен эффект саморегулирования, вследствие изменения электрофизических параметров от воздействия различных температурных режимов для разработанных наномодифицированных эластомеров.

4. Произведены исследования значений затраченного времени нагрева рабочих жидкостей, используемых в автотранспортной технике при использовании лабораторных образцов нагревателей, монтированных на картер ДВС и масляный фильтр.

Список литературы

1. Кондратьев А.В. и др. Показатели и стандарты транспортного обслуживания населения //Фундаментальная наука и технологии-перспективные разработки. – 2018. – С. 68-73.

2. Савченко В. А. Современное состояние и динамика развития отрасли машиностроения России // Проблемы науки. – 2018. – №. 5 – Т. 29 – С. 78-80.

3. Продажи автомобилей в России выросли на четверть // Autonews. URL: https://www.autonews.ru/news/5a9e7da49a79478090f0b997.

4. Годжаев З.А., Аврамов Д.В., Мартынов Н.В., Белоусов Б.Н., Добромиров В.Н. Экологическая безопасность транспортно-технологических средств. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019;13(2):40-47. https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-2-40-47

5. Смоленская Н.М., Смоленский В.В. Токсичность отработавших газов в бензиновых двигателях при работе на сжатом природном газе и бензине // Машиностроение. – 2019. – Т. 18. – №. 4. – С. 57-65.

6. Кожанов В.Н., Петелин А.А., Гриценко А.В., Шепелев В.Д. Снижение токсичности отработавших газов дизельного двигателя путем отключения части его цилиндров // Машиностроение. – 2018. – Т. 18. – №. 2. – С. 34-44.

7. Божко А.В., Поливаев О.И., Ларионов А.Н., Остриков, В.В. Снижение токсичности отработавших газов за счет рециркуляции // Наука, образование и инновации в современном мире. – 2018. – С. 103-106.

8. Суфиянов Р. Ш. Исследование химического состава выхлопных газов бензиновых двигателей внутреннего сгорания //Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – №. 12. – С. 98-101.

9. Овчинникова О.Е., Архипова А.В. Актуальность проблемы экологической безопасности автотранспорта // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. – 2018. – С. 7-11.

10. О предпусковых подогревателях // Предпусковые жидкостные подогреватели и автономные воздушные отопители URL: http://www.autoterm.ru/forum/viewtopic.php?t=777 (дата обращения: 07.02.2019).

11. Прамотроник единство тепла и холода URL: http://pramotronic.ru/about/ (дата обращения: 9.02.2019).

12. Предпусковые подогреватели // Воздушные отопители и жидкостные подогреватели URL: http://autoterm.ru/ (дата обращения: 9.02.2019).

13. Жидкостные отопители Eberspächer Hydronic // Группа компаний Eberspächer URL: https://www.eberspaecher.ru/produkcija/sistemy-otoplenija-dlja-transporta/assortiment/zhidkostnye-otopiteli.html (дата обращения: 9.02.2019).

14. Подогреватели жидкостные предпусковые // АО «ШААЗ» URL: http://www.shaaz.biz/catalogue/3/pos/191 (дата обращения: 9.02.2019).

15. Подогреватель двигателя СТАРТ МИНИ, 220В., 0.6 кВт. для автомобилей Toyota, Hyundai // АВТОНАХОДКА.РУ URL: http://www.autonahodka.ru/catalog/a0022685/ (дата обращения: 20.02.2019).

16. DEFA // Предпусковой подогреватель двигателя URL: http://www.defa.com.ru/podogrevateli/ (дата обращения: 21.06.2019).

17. Подбор предпускового подогревателя двигателя Calix (Каликс) для автомобиля// Calix. URL: http://www.calix.com.ru/ (дата обращения: 21.02.2019)

18. Силиконовые нагревающие элементы // Гибкие греющие пластины Keenovo URL: https://keenovo.ru/products/category/silicone-rubber-heaters (дата обращения: 22.02.2019).

19. Hotstarthotpads гибкие нагревающие пластины // Hotstart URL: http://www.hotstart.su/oil-pads/ (дата обращения: 22.02.2019).]

20. Zhao, Z., Chen, H., Liu, X., Liu, H., & Zhang, D. (2018). Development of high-efficient synthetic electric heating coating for anti-icing/de-icing. Surface and Coatings Technology, 349, 340-346.

21. Redondo, O., Prolongo, S. G., Campo, M., Sbarufatti, C., & Giglio, M. (2018). Anti-icing and de-icing coatings based Joule's heating of graphene nanoplatelets. Composites Science and Technology, 164, 65-73.

22. Janas, D. и Koziol, K. K. (2013). Rapid electrothermal response of high-temperature carbon nanotube film heaters. Carbon, 59, 457-463.

23. Марков А.В., Чижов А.С. Электропроводящие саморегулирующиеся материалы на основе полиэтиленовых композиций с СВМПЭ и техническим углеродом. Тонкие химические технологии. 2019;14(2):60-69. https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-2-60-69

24. Марков А.В., Кулезнев В.Н. Формирование фазовой структуры и ее влияние на свойства ориентированных пленок из смесей полипропилена и полиэтилена // Высоко-молек. соед. Сер. А. 2008. Т. 50. № 4. С. 651–658.

25. Ягубов В.С. Саморегулируемые электрические нагреватели на основе полимеров, модифицированных углеродными нанотрубками, для двигателей внутреннего сгорания // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития.– 2018 – №10 – С. 89-93.

26. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Учебно-методическое пособие. – Астрахань, 2007.

References

1. Kondrat'ev A.V. i dr. Pokazateli i standarty transportnogo obsluzhivaniya naseleniya //Fundamental'naya nauka i tekhnologii-perspektivnye razrabotki. – 2018. – S. 68-73.

2. Savchenko V. A. Sovremennoe sostoyanie i dinamika razvitiya otrasli mashinostroeniya Rossii // Problemy nauki. – 2018. – №. 5 – T. 29 – S. 78-80.

3. Prodazhi avtomobilej v Rossii vyrosli na chetvert' // Autonews. URL: https://www.autonews.ru/news/5a9e7da49a79478090f0b997.

4. Godzhaev Z.A., Avramov D.V., Martynov N.V., Belousov B.N., Dobromirov V.N. Ekologicheskaya bezopasnost' transportno-tekhnologicheskih sredstv. Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2019;13(2):40-47. https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-2-40-47

5. Smolenskaya N.M., Smolenskij V.V. Toksichnost' otrabotavshih gazov v benzinovyh dvigatelyah pri rabote na szhatom prirodnom gaze i benzine // Mashinostroenie. – 2019. – T. 18. – №. 4. – S. 57-65.

6. Kozhanov V.N., Petelin A.A., Gricenko A.V., SHepelev V.D. Snizhenie toksichnosti otrabotavshih gazov dizel'nogo dvigatelya putem otklyucheniya chasti ego cilindrov // Mashinostroenie. – 2018. – T. 18. – №. 2. – S. 34-44.

7. Bozhko A.V., Polivaev O.I., Larionov A.N., Ostrikov, V.V. Snizhenie toksichnosti otrabotavshih gazov za schet recirkulyacii // Nauka, obrazovanie i innovacii v sovremennom mire. – 2018. – S. 103-106.

8. Sufiyanov R. SH. Issledovanie himicheskogo sostava vyhlopnyh gazov benzinovyh dvigatelej vnutrennego sgoraniya //Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. – 2018. – T. 21. – №. 12. – S. 98-101.

9. Ovchinnikova O.E., Arhipova A.V. Aktual'nost' problemy ekologicheskoj bezopasnosti avtotransporta // Innovacii tekhnicheskih reshenij v mashinostroenii i transporte. – 2018. – S. 7-11.

10. O predpuskovyh podogrevatelyah // Predpuskovye zhidkostnye podogrevateli i avtonomnye vozdushnye otopiteli URL: http://www.autoterm.ru/forum/viewtopic.php?t=777 (data obrashcheniya: 07.02.2019).

11. Pramotronik edinstvo tepla i holoda URL: http://pramotronic.ru/about/ (data obrashcheniya: 9.02.2019).

12. Predpuskovye podogrevateli // Vozdushnye otopiteli i zhidkostnye podogrevateli URL: http://autoterm.ru/ (data obrashcheniya: 9.02.2019).

13. ZHidkostnye otopiteli Eberspächer Hydronic // Gruppa kompanij Eberspächer URL: https://www.eberspaecher.ru/produkcija/sistemy-otoplenija-dlja-transporta/assortiment/zhidkostnye-otopiteli.html (data obrashcheniya: 9.02.2019).

14. Podogrevateli zhidkostnye predpuskovye // AO «SHAAZ» URL: http://www.shaaz.biz/catalogue/3/pos/191 (data obrashcheniya: 9.02.2019).

15. Podogrevatel' dvigatelya CTART MINI, 220V., 0.6 kVt. dlya avtomobilej Toyota, Hyundai // AVTONAHODKA.RU URL: http://www.autonahodka.ru/catalog/a0022685/ (data obrashcheniya: 20.02.2019).

16. DEFA // Predpuskovoj podogrevatel' dvigatelya URL: http://www.defa.com.ru/podogrevateli/ (data obrashcheniya: 21.06.2019).

17. Podbor predpuskovogo podogrevatelya dvigatelya Calix (Kaliks) dlya avtomobilya// Calix. URL: http://www.calix.com.ru/ (data obrashcheniya: 21.02.2019)

18. Silikonovye nagrevayushchie elementy // Gibkie greyushchie plastiny Keenovo URL: https://keenovo.ru/products/category/silicone-rubber-heaters (data obrashcheniya: 22.02.2019).

19. Hotstarthotpads gibkie nagrevayushchie plastiny // Hotstart URL: http://www.hotstart.su/oil-pads/ (data obrashcheniya: 22.02.2019).]

20. Zhao, Z., Chen, H., Liu, X., Liu, H., & Zhang, D. (2018). Development of high-efficient synthetic electric heating coating for anti-icing/de-icing. Surface and Coatings Technology, 349, 340-346.

21. Redondo, O., Prolongo, S. G., Campo, M., Sbarufatti, C., & Giglio, M. (2018). Anti-icing and de-icing coatings based Joule's heating of graphene nanoplatelets. Composites Science and Technology, 164, 65-73.

22. Janas, D. i Koziol, K. K. (2013). Rapid electrothermal response of high-temperature carbon nanotube film heaters. Carbon, 59, 457-463.

23. Markov A.V., CHizhov A.S. Elektroprovodyashchie samoreguliruyushchiesya materialy na osnove polietilenovyh kompozicij s SVMPE i tekhnicheskim uglerodom. Tonkie himicheskie tekhnologii. 2019;14(2):60-69. https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-2-60-69

24. Markov A.V., Kuleznev V.N. Formirovanie fazovoj struktury i ee vliyanie na svojstva orientirovannyh plenok iz smesej polipropilena i polietilena // Vysoko-molek. coed. Ser. A. 2008. T. 50. № 4. S. 651–658.

25. YAgubov V.S. Samoreguliruemye elektricheskie nagrevateli na osnove polimerov, modificirovannyh uglerodnymi nanotrubkami, dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya // Problemy tekhnogennoj bezopasnosti i ustojchivogo razvitiya.– 2018 – №10 – S. 89-93.

26. Isakova O.P., Tarasevich YU.YU. Obrabotka i vizualizaciya dannyh fizicheskih eksperimentov s pomoshch'yu paketa Origin. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Astrahan', 2007.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ягубов Виктор Сахибович – аспирант, инженер Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: vitya-y@mail.ru.

Щегольков Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: energynano@yandex.ru.

Нагдаев Владимир Константинович – кандидат химических наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: v.nagdaev1950@yandex.ru.

Ткачев Алексей Григорьевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: nanotam@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Yagubov Viktor – Postgraduate Student, Engineer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vitya-y@mail.ru.

Shchegolkov Alexander– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: energynano@yandex.ru.

Nagdaev Vladimir– candidate of chemical sciences of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: v.nagdaev1950@yandex.ru.

Tkachev Alexey – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: nanotam@yandex.ru.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках научного проекта по договору № 13748ГУ/2018.

Поступила в редакцию (Received): 25.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 26.08.2019

УДК 631.3-049.7:620.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-108-114

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

[1]Балабанов Виктор Иванович
[1]Лехтер Валентина Владимировна
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»