

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/57SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Анисимов И.А., Горбунова А.Д. Приспособленность технологических машин и транспортных средств к эксплуатации в условиях «умных» городов северных регионов за счет применения СВЧ нагрева // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/57SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Anisimov I.A., Gorbunova A.D. (2019). The suitability of technological machines and vehicles for operation in the conditions of “smart” cities of the northern regions due to the use of microwave heating. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/57SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 629.3

ГРНТИ 656.1

Анисимов Илья Александрович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: tkcc@list.ru

Горбунова Анастасия Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Аспирант
E-mail: burakova.1992@mail.ru

Приспособленность технологических машин и транспортных средств к эксплуатации в условиях «умных» городов северных регионов за счет применения СВЧ нагрева

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме обеспечения качества жизни населения городов северных регионов за счет применения современных технологий на транспорте с целью повышения его экологичности и экономичности. В основе исследования – разработка способа и устройства повышения эффективности работы транспортных средств путем применения подогрева, который бы не имел тепловой инерционности, мог бы нагревать жидкость мгновенно, во всем объеме, используя при этом меньшее количество энергии по сравнению с традиционными способами подогрева. Данным условиям удовлетворяет подогрев с использованием сверхвысокочастотного излучения. При таком воздействии сверхвысокочастотного электромагнитного поля молекулы диэлектрика поляризуются и совершают механические колебания, энергия которых за счет межмолекулярного трения преобразуется в тепловую и диэлектрик нагревается. Целью исследования является обоснование методов повышения приспособленности транспортных средств к переменным низкотемпературным условиям эксплуатации на основе нейросетевой системы управления подогревом и поддержанием оптимальной температуры технологических жидкостей сверхвысокочастотным излучением. Проведен анализ литературы по данному направлению, выбраны наиболее подходящие технические жидкости по составу и техническим свойствам. Выполнено экспериментальное исследование, в результате которого было установлено, что сверхвысокочастотное излучение оказывает влияние на физико-химические параметры

дизельного топлива, а также на выходные параметры двигателя. Сверхвысококачественное излучение приводит к сокращению расхода топлива до 7 %, сокращению дымности отработавших газов до 15 %, снижению выбросов оксидов азота до 30 %. Сделан вывод о необходимости применения сверхвысококачественного излучения для подогрева технологических жидкостей.

Ключевые слова: низкотемпературные условия эксплуатации; транспорт; умный город; технические жидкости; адаптация; топливо; снижение расхода топлива; экологическая безопасность; сверхвысококачественное излучение

Введение

В настоящее время при сокращении запасов энергоресурсов, повышении их стоимости требуется оценивать городскую среду с точки зрения не только наличия, но и грамотного управления инфраструктурой. Обеспечить эффективное управление возможно с применением современных технологий, основанных на системе «Умный город», представляющей обеспечение современного качества жизни за счет применения инновационных технологий. Такие технологии должны предусматривать экономичное и экологичное использование городских систем жизнедеятельности.

В «умном» городе особое место занимает транспорт, который базируется на интеллектуальной транспортной системе. В ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем», часть 1 «Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы» даются требования, предъявляемые к конструкции транспортных средств. Их конструкция должна обеспечивать повышение безопасности, надежности и эффективности функционирования транспортных средств посредством предупреждения пользователей или управления системами, или агрегатами транспортных средств. При этом необходимо отметить, что качество применяемых топлив определяющим образом влияет на экологическую безопасность и эффективность эксплуатации транспортных средств, недостижимые при использовании низкокачественных топлив даже при оптимальных конструкционных решениях.

Под эффективностью транспортных средств понимается их способность выполнять требуемую работу в заданных условиях использования при минимизации затрат энергоресурсов и выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

Таким образом, транспортные средства «умного» города должны управлять своими системами и агрегатами с целью снижения потребления расхода топлива и выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

Применительно к России доля городского населения составляет порядка 75 %, страна находится на 4 месте в мире по количеству городов-миллионеров (15 городов), уступая Китаю, Индии, Бразилии. Вместе с тем, Россия является самой холодной страной в мире, поэтому создание транспорта для «умного» города должно учитывать эти особенности, а именно значительное время его эксплуатации в условиях низких температур воздуха, при которых значительно изменяется расход топлива и выбросы вредных веществ с отработавшими газами [1]. Кроме того, автомобили по-разному реагируют на изменение внешней среды, т. е. по-разному приспособлены к переменным условиям эксплуатации. Необходимо разработать подходы и устройства для повышения приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации [2; 3]. Данная задача может решаться применением эксплуатационных и организационных мер, разработкой дополнительных узлов и агрегатов, позволяющих повысить уровень приспособленности.

1. Методы адаптации транспортных средств к низкотемпературным условиям

Основные направления исследований возможностей повышения приспособленности транспортных средств к низкотемпературным условиям и эффективности их использования связаны, в основном, с совершенствованием конструкций, технологических параметров транспорта, организации технологических процессов. Для объектов транспорта основными направлениями, по которым ведутся современные исследования, являются совершенствование структуры и характеристик подвижного состава (в т. ч. конструкции двигателей и самих транспортных средств), совершенствование дорожной инфраструктуры, систем организации движения и поддержания работоспособности, устранение влияния климатических особенностей.

Повышение приспособленности транспортных средств к переменным низкотемпературным условиям эксплуатации может явиться одним из действенных способов повышения их эффективности. Возможности повышения приспособленности транспорта к различным условиям обсуждались в ряде исследований [4–7], и это направление продолжает развиваться.

В настоящее время в России практически не используются эффективные способы приспособления автомобилей к условиям низких температур воздуха. Используются и изучаются известные методы подогрева технологических жидкостей (ТЖ) (предпусковые подогреватели, ленточные подогреватели, теплоэлектронагреватели и т. д.) и практически не применяются более современные способы подогрева, в частности разогрева токами сверхвысокой частоты, что является одним из перспективных способов адаптации транспортных средств к низкотемпературным условиям эксплуатации. Наблюдается повышенный интерес к изучению возможностей подогрева углеводородов токами СВЧ в транспортных средствах и технологических машинах (трубопроводный, железнодорожный транспорт), однако комплексного способа термического воздействия на различные ТЖ в транспортном средстве при помощи СВЧ излучения не представлено.

Создание нейросистемы управления подогревом и поддержанием оптимальной температуры ТЖ является резервом повышения эффективности эксплуатации транспорта. В недавнем прошлом этот вопрос невозможно было решить, т. к. отсутствовала компонентная база устройств, способных мгновенно включаться в работу и обеспечивать равномерный нагрев ТЖ во всем объеме. Применение для таких целей СВЧ-излучения позволит решить данные задачи.

Вопросам применения СВЧ-излучения в технических системах, в т. ч. и на транспорте посвящены многие работы [8–12]. Анализ имеющихся публикаций показывает, что с точки зрения эффективности прогрева, а в большей степени поддержания оптимальной температуры ТЖ данный способ является наиболее конкурентоспособным. Однако, к настоящему времени мало исследована цепочка: воздействие на ТЖ (топливо – штатное, газовое; масло; охлаждающую жидкость) – изменение его физико-химических свойств – влияние измененной ТЖ на показатели рабочего процесса ДВС (пусковые качества, расход топлива, экологические показатели). Между тем, именно это представляет широкий интерес, т. к. воздействие на ТЖ на молекулярном и атомарном уровне может привести к любого рода изменениям в их физико-химических свойствах. Таким образом, исследования в данном направлении будут являться основой для выявления всех качественных изменений в ТЖ и оценки положительных и отрицательных сторон данного воздействия на ТЖ.

В основе исследования – разработка способа и устройства повышения эффективности работы транспортных средств путем применения подогрева, который бы не имел тепловой инерционности, мог бы нагревать жидкость мгновенно, во всем объеме, используя при этом

меньшее количество энергии по сравнению с традиционными способами подогрева. Данным условиям удовлетворяет подогрев с использованием СВЧ-излучения. При таком воздействии электромагнитного поля СВЧ молекулы диэлектрика поляризуются и совершают механические колебания, энергия которых за счет межмолекулярного трения преобразуется в тепловую и диэлектрик нагревается. Нагрев осуществляется в электромагнитном поле СВЧ в технологически необходимом диапазоне частот, исходя из объема ТЖ, её физико-химических свойств, начальной и конечной температуры нагрева и других факторов. Частота электромагнитных колебаний и, как её функция, длина волны электромагнитного поля подбирается (рассчитываются, определяются экспериментально) таким образом, чтобы она была меньше геометрических размеров отсека, в котором находится ТЖ. В этом случае электромагнитное поле внутри отсека имеет волновой характер и многократно проходит через всю жидкость, переотражаясь от его стенок. Однако, СВЧ обработка ТЖ неминуемо приведет к изменению её физико-химических свойств, т. к. воздействие происходит на атомарном уровне, которое скажется на её работе в ДВС. В связи с этим необходимо понимание, какие изменения происходят в той или иной жидкости (изменение вязкости масла, его моющей способности, температуры вспышки топлива, температуры начала его кристаллизации, октанового числа и т. д.).

Следующим этапом исследований должна быть оценка работы ДВС на измененных топливах, с выдачей рекомендаций по оптимальному воздействию на ту или иную жидкость или вообще о недопустимости такого воздействия. В случае комплексного положительного результата необходима разработка концептуальных подходов к созданию системы подогрева и поддержания оптимальной температуры ТЖ на заданном уровне на примере СВЧ подогрева газового топлива на входе в двигатель. Для эффективной работы техники необходимо поддержание температуры её ТЖ на оптимальном уровне. Оптимальная температура ТЖ обеспечивает наименьший износ узлов и агрегатов, сокращает расход топлива, снижает выбросы вредных веществ с отработавшими газами и т. д. Оптимальная температура масла (двигатель, редуктора) позволяет улучшить процесс смазывания трущихся деталей за счет улучшения проникающей способности масла в зазор между контактирующими поверхностями. Оптимальная температура гидравлического масла (гидросистема, гидроцилиндры, амортизаторы) снижает риск выхода из строя узлов, работающих под высоким давлением, за счет оптимальной вязкости масла. Оптимальная температура охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания обеспечивает наилучшие условия для смесеобразования и сгорания топлива в цилиндрах двигателя, улучшая процесс смешивания топлива с воздухом. Оптимальная температура топлива, улучшает процесс смесеобразования, повышает температуру цикла и, как следствие, полноту сгорания топлива, снижает расход топлива и выбросы вредных веществ на холостом ходу. Оптимальная температура омывающей жидкости обеспечивает работоспособность омывателя и позволяет снизить риск возникновения ДТП из-за загрязненного лобового стекла или фар транспортного средства. Для обеспечения возможности достижения температуры ТЖ оптимального значения узел, агрегат или систему необходимо прогреть до этого состояния. Особенно велика проблема прогрева двигателя транспортных средств в условиях низких температур воздуха. Эта проблема сопряжена со сложностью запуска силового агрегата, поэтому находят все большее применение дополнительные средства, позволяющие запустить двигатель и прогреть его, а вместе с ним прогреть системы, узлы и агрегаты до рабочей температуры. Используемые в настоящее время подогреватели имеют общий принцип работы – нагрев жидкости происходит за счет теплопередачи от нагреваемого тела (электронагреватель, теплообменник отработавших газов, теплообменник охлаждающей жидкости). Эти принципы имеют большую инерционность и не позволяют поддерживать заданную температуру жидкости. Устройства, обеспечивающие этот способ, как уже говорилось ранее, имеют большую металлоемкость, не надежны в эксплуатации, требуют дополнительных затрат на обеспечение их работоспособности. Поэтому

необходима разработка способа и устройства обеспечивающего быстрый прогрев жидкости и поддержание температуры жидкости на определенном оптимальном уровне.

2. Результаты

2.1 Влияние СВЧ-излучения на физико-химические параметры дизельного топлива

Первым этапом экспериментальных исследований было определение изменения физико-химических параметров дизельного топлива после воздействия СВЧ-излучения.

Дизельное топливо (зимнее), соответствующее требованиям стандартов, было разделено на пробы, объемом 100 мл. Каждая проба обрабатывалась различное время СВЧ-излучением. Всего проб по 100 мл в одном эксперименте обрабатывалось 20. Общее количество топлива, полученного при проведении одного исследования – 2 литра. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Номер пробы	Продолжительность воздействия, сек.	Мощность магнетрона, Вт	Частота, ГГц
1	0	850	2.4
2	180	850	2.4
3	300	850	2.4
4	480	850	2.4

Составлено/разработано автором

В дальнейшем проводили исследования данного топлива по оценке следующих параметров: кинематическая вязкость, плотность, температуры вспышки в закрытом тигле.

Исследование кинематической вязкости проводили в соответствии с ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Стандарт устанавливает метод определения кинематической вязкости у жидких нефтепродуктов, прозрачных и непрозрачных жидкостей измерением времени истечения определенного объема жидкости под действием силы тяжести через калиброванный стеклянный капиллярный вискозиметр.

Исследование плотности проводили в соответствии с ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». Метод применяется для определения плотности нефти и нефтепродуктов ареометром для нефти. Сущность метода заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20 °С.

Исследование температуры вспышки в закрытом тигле проводилось в соответствии с ГОСТ 6356-75 «Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле». Устанавливает метод определения температуры вспышки в закрытом тигле. Сущность метода заключается в определении самой низкой температуры горючего вещества, при которой в условиях испытания над его поверхностью образуется смесь паров и газов с воздухом, способная вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения. Для этого испытуемый продукт нагревают в закрытом тигле с постоянной скоростью при непрерывном перемешивании и испытывают на вспышку через определенные интервалы температур.

Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты исследования влияния СВЧ-излучения
на физико-химические параметры дизельного топлива**

№	Контролируемый параметр	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
1	Кинематическая вязкость, мм ² /с	3.21	3.16	3.13	3.04
2	Плотность, кг/м ³	824	821	820	815
3	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	36	33	30	30

Составлено/разработано автором

По полученным результатам можно сделать следующие выводы.

В связи с воздействием СВЧ-излучения на топливо происходит уменьшение содержания как ароматических, так и нафтеновых и тяжелых парафиновых углеводородов. Также можно предположить, что снижение вязкости произошло из-за изменения структуры молекулы. Уменьшилось число колец в молекулах нафтеновых и ароматических углеводородов, уменьшилась углеводородная цепь у парафиновых углеводородов и длина радикала у нафтеновых и ароматических углеводородов. Все это свидетельствует о распаде высокомолекулярных углеводородов.

Это же подтверждают результаты определения температуры вспышки в закрытом тигле. Чем ниже температура вспышки, тем больше легких углеводородов (низкомолекулярных парафинов) содержится в нем.

2.2 Влияние СВЧ-излучения на выходные параметры двигателя

Следующим этапом проведения испытания стало исследование работы двигателя на обработанных СВЧ-излучением моторных топливах.

Испытания проводились на дизель-генераторной установке SDMO T9KM с дизельным двигателем Mitsubishi S3L2 SD.

Основные технические характеристики дизель-генераторной установки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Технические характеристики дизель-генераторной установки

Мощность электростанции, кВт	8,6
Вид охлаждения	жидкостное
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1500
Марка генератора переменного тока	Меcc Alte ECP 3-3L/4
Расход топлива л/час (при нагрузке 70 %)	2.4
Уровень шума электростанции	60.4 дБ

Составлено/разработано автором

В качестве исследуемых параметров были следующие: часовой расход топлива, кг/ч; содержание NOx в отработавших газах, %; дымность отработавших газов, %.

Факторы, которые учитывались при проведении исследований: температура топлива, +20 °С; температура воздуха, +20 °С; атмосферное давление, 750 мм.рт.ст.; нагрузка на двигатель, 70 % от номинальной; частота вращения, 1500 мин⁻¹.

Значения расхода топлива фиксировались с приборной панели дизель-генераторной установки.

Измерение содержания NOx в отработавших газах проводилось при помощи газоанализатора ГИАМ-29М-3, технические характеристики которого приведены в таблице 4.

Таблица 4

Технические характеристики газоанализатора ГИАМ29М-3

Характеристики	Значения
Тип газоанализатора	переносной
Способ забора пробы	принудительный
Принцип действия	электрохимический
Диапазон измерения NO, % об.	0–0.5
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, NO %	10
Температура окружающей среды, °С	от 0 до +45

Составлено/разработано автором

Определение дымности отработавших газов проводилось при использовании дымомера МЕТА-01МП 0.1 ЛТК, технические характеристики которого приведены в таблице 5.

Таблица 5

Технические характеристики дымомера МЕТА-01МП 0.1 ЛТК

Характеристики	Значение
Тип прибора	портативный
Диапазон измерения дымности в единицах коэффициента поглощения К, не менее, м ⁻¹	0–∞
Диапазон измерения дымности в единицах коэффициента ослабления N, %	0-100
Предел допускаемой абсолютной погрешности при коэффициенте поглощения 1.6–1.8 м ⁻¹ не более, м ⁻¹	±0.05
Номинальная цена единицы наименьшего разряда для коэф. Поглощения, м ⁻¹	0.01
Номинальная цена единицы наименьшего разряда для коэф. Ослабления, %	0.1
Фотометрическая база, м	0.1
Автоматическая коррекция показаний дымности по температуре отработавших газов	есть
Автоматическая коррекция нуля	есть

Составлено/разработано автором

Результаты испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты исследования влияния СВЧ-излучения на выходные параметры двигателя

№	Контролируемый параметр	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
1	Часовой расход топлива, кг/ч	2.38	2.31	2.24	2.21
2	Содержание NO _x в отработавших газах, %	0.03	0.03	0.026	0.023
3	Дымность отработавших газов, %	60	58	55	52

Составлено/разработано автором

Воздействие на дизельное топливо привело к снижению дымности отработавших газов до 15 %. Это можно объяснить снижением количества зон с недостатком кислорода ввиду улучшения смесеобразования, причиной которому стало снижение вязкости и плотности топлива.

Наблюдается снижение выбросов оксидов азота до 30 %, что связано, в том числе с понижением температуры вспышки топлива в закрытом тигле. Это соответствует снижению температуры самовоспламенения топлива и улучшению процесса сгорания при снижении плотности топлива. Топливо сгорает более равномерно, без температурных пиков.

Снижение расхода топлива до 7 % может свидетельствовать об улучшении процесса смесеобразования и сгорания топлива, ввиду увеличенного количества легких фракций углеводородов.

Выводы

Воздействие СВЧ-излучения на дизельное топливо приводит к улучшению экологических показателей и снижению расхода топлива.

Полученные результаты являются основой для разработки нейросетевой системы поддержания оптимальной температуры дизельного топлива в транспортном средстве для системы «умный» город, повышающего свою эффективность и экологическую безопасность на основе нейросетевого управления узлами и агрегатами. Нейросетевое управление позволит повысить приспособленность транспортного средства к переменным низкотемпературным условиям эксплуатации по расходу топлива и экологическим показателям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карнаухов В.Н. Сбережение топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации автомобильного транспорта в низкотемпературных условиях: дисс. докт. техн. наук / В.Н. Карнаухов. – Тюмень, 2000. – 260 с.
2. Иванов А.С. Приспособленность газодизельных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации и массе перевозимого груза по расходу топлива и токсичности отработавших газов: дисс. ... канд. техн. наук / А.С. Иванов. – Тюмень, 2011. – 155 с.
3. J.A. Ertman, S.A. Ertman, I.A. Anisimov, D.A. Chainikov, Y.M. Chikishev, Complex characteristic estimation of vehicle adaptability for low temperature operation conditions // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 6 (1). 2015. – 1761–1770.
4. E. Magaril, L. Reznik, Evaluation of ca. Adaptability to the environmental according to exhaust gases toxicity // Operation efficiency increase of wheel and track machines under severe operating conditions. 1996. С. 62–63.
5. A.M. Danilov, Development and use of fuel additives during 2006–2010 Chem. Tech. Fuels Oil+ 47 (6). 2012. С. 470–484.
6. E. Magaril, Improving car environmental and operational characteristics using a multifunctional fuel additive with Trans. Ecol. Envir. 2011. С. 373–384.
7. Анисимов И.А. Устройство подогрева и поддержания оптимальной температуры моторного масла в транспортных средствах и технологических машинах. Патент на полезную модель 108486 RU. F01M 5/00. Опубл. 20.09.2011.
8. Смолин А.А. Повышение качества смесеобразования при пуске дизелей в условиях низких температур с помощью СВЧ колебаний: дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Смолин. – Омск, 2013. – 136 с.
9. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества автомобилей. М.: Автотрансиздат, 1962. 400 с.
10. Чикишев Е.М. Оценка приспособленности газобаллонных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации по расходу топлива и токсичности отработавших газов: дисс. ... канд. техн. наук / Е.М. Чикишев. – Тюмень, 2011. – 189 с.
11. Захаров Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей: дисс. докт. техн. наук / Н.С. Захаров. – Тюмень, 2000. – 594 с.
12. Евтин П.В. Сбережение топлива при эксплуатации автомобилей в температурных условиях Севера и Сибири: дисс. канд. техн. наук / П.В. Евтин. – Тюмень, 2000. – 114 с.

Anisimov Ilya Alexandrovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: tkcc@list.ru

Gorbunova Anastasia Dmitrievna

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: maximtishin72@yandex.ru

The suitability of technological machines and vehicles for operation in the conditions of “smart” cities of the northern regions due to the use of microwave heating

Abstract. The article is devoted to the urgent problem of ensuring the quality of life of the population of cities in the northern regions through the use of modern technologies in transport in order to increase its environmental friendliness and economy. The study is based on the development of a method and device for increasing the efficiency of vehicles by applying heating, which would not have thermal inertia, could heat the liquid instantly, in its entirety, using less energy compared to traditional heating methods. These conditions are satisfied by heating using microwave radiation. Under this action of a microwave electromagnetic field, the dielectric molecules polarize and perform mechanical vibrations, the energy of which is converted into thermal energy due to intermolecular friction, and the dielectric is heated. The aim of the study is to substantiate methods for increasing the adaptability of vehicles to variable low-temperature operating conditions based on a neural network control system for heating and maintaining the optimum temperature of process fluids with microwave radiation. An analysis of the literature in this direction was carried out, the most suitable technical fluids were selected by composition and technical properties. An experimental study was carried out as a result of which it was found that microwave radiation affects the physicochemical parameters of diesel fuel, as well as the output parameters of the engine. Microwave radiation reduces fuel consumption by up to 7 %, reduces smoke emissions by 15 %, and reduces nitrogen oxide emissions by 30 %. The conclusion is drawn about the need to use microwave radiation for heating process fluids.

Keywords: low-temperature operating conditions; transport; smart city; technical fluids; adaptation; fuel; reduced fuel consumption; environmental safety; microwave radiation