



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-4-437-444

УДК 621.436

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА НИГЕРИИ НА ОСНОВЕ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА

П.П. Ощепков, Симеон Адедожа Адегбенро

Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В работе представлены результаты анализа применения растительных масел в качестве топлива для дизельных двигателей. Рассмотрена возможность использования пальмового масла как альтернативного топлива. Приводятся физико-химические свойства растительных масел и требования к дизельному топливу. Исследуется изменение физико-химических параметров смесового топлива. Предлагается использовать в качестве биологической добавки к дизельному топливу пальмовое масло, в качестве реагента — органическую перекись. Представлены результаты анализа процесса смесеобразования с учетом отличия физических свойств пальмового масла от характеристик дизельного топлива. Анализ проведен на основе математического исследования. Изучено влияние физических свойств (плотность, динамическая вязкость, поверхностное натяжение) пальмового масла на характеристики смесеобразования. Было получено изменение плотности пальмового масла, более высокое значение поверхностного натяжения, динамической вязкости. Установлено, что вследствие повышенных показателей плотности, поверхностного натяжения и вязкости для пальмового масла средний диаметр капель увеличивается, что должно отразиться на возрастании не только периода задержки воспламенения, но и его температурной чувствительности к процессу воспламенения. При этом угол рассеивания (раскрытия) топливной струи и ее боковая поверхность уменьшаются. Сделан вывод, что становится очевидным, что для сохранения эффективности рабочего цикла дизеля при переводе его на питание пальмовым маслом, необходимо предусмотреть ряд радикальных мер по внесению серьезных изменений в его конструкцию и систему топливоподачи. Предлагается использовать пальмовое масло в качестве добавки к дизельному топливу и перекись водорода, как химический окислитель.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, растительные масла, пальмовое масло, двухкомпонентные топлива, смесовое топливо, химический реагент, органическая перекись

Существенный вклад в загрязнении атмосферы промышленно развитых городов Нигерии вредными веществами и в невосполнимое потребление традиционного топлива на органической основе вносят мобильные средства с дизельными приборами. Экономия нефтяного топлива и защита от загрязнений окружающей среды обуславливают необходимость поиска альтернативных мер по совершенствованию эколого-экономических качеств двигателей транспортных средств.

В рамках поиска таких мер в последнее время все более широкое распространение получает развитие исследований [1—4] по замене традиционного топлива на биологические виды топлива, в частности, на основе растительных масел.

Из всех имеющихся в распоряжении человечества «солнечных энергетических источников» наиболее эффективно масличное растение. Оно на биологическом

уровне эффективно решает проблему аккумуляции энергии Солнца в содержащих масло плодах. В энергетический оборот могут быть вовлечены многие виды масличных культур. В африканских странах с жарким климатом к таким культурам в первую очередь следует отнести пальму. В отличие от нефтепродуктов, растительное (пальмовое) масло не токсично, не имеет неприятного запаха, не содержит сернистых соединений, являющихся причиной кислотных дождей.

В химический состав пальмового масла входят жирные кислоты, которые представляют собой высокомолекулярное кислородсодержащее соединение с углеводородным основанием. Поэтому пальмовое масло, как и множество других растительных масел, может полностью растворяться в традиционных нефтяных моторных топливах [5].

Таблица 1

**Физико-химические свойства растительных масел**  
[Physicochemical properties of palm oil]

Физико-химические свойства	Масла								
	рапсовое	арахисовое	подсолнечное	соевое	пальмовое	оливковое	хлопковое	касторовое	
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	916	917	923	924	918	914	919	1069	
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при:	75,0	81,5	65,2	—	—	—	—	—	
	20 °С	36,0	36,5	30,7	32,0	—	—	—	
	40 °С	8,1	8,3	7,4	7,7	8,6	8,4	7,7	
100 °С	—	—	—	—	—	—	—	19,9	
Цетановое число	36	37	33	50	49	—	—	—	
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	12,6	11,2	11,1	—	—	—	—	—	
Теплота сгорания низшая $H_u$ , МДж/кг	37,3	37,0	37,0	36–39	37,1	—	—	—	
Температура самовоспламенения, °С	318	—	320	318	315	285	316	296	
Температура застывания, °С	–20	—	–16	–12	+30	–12	–18	–27	
Содержание серы, % (масс.)	0,002	—	—	—	—	—	—	—	
Содержание, % по массе	78,0	78,0	77,6	77,5	76,6	0	77,1	0	
	С	10,0	12,3	11,5	11,5	12,0	—	11,7	—
	Н	12,0	9,4	10,9	11,0	11,4	—	11,2	—
О	—	—	—	—	—	—	—	—	
Кислотность, мг КОН / 100 мл топлива	4,66	—	2,14	0,03	0,17	5,90	0,23	0,19	
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,40	—	0,51	0,44	—	0,20	0,23	—	

Примечание: Знак «—» означает, что свойства не определялись.

Низкая испаряемость и высокая вязкость пальмового масла исключают его использование в традиционных бензиновых двигателях. Но оно может успешно применяться в качестве топлива для дизельных двигателей. Этому способствуют сравнительно невысокая термическая стабильность пальмового масла и приемлемая температура его самовоспламенения, лишь немного превышающая температуру самовоспламенения дизельных топлив (табл. 2) [6].

Таблица 2

**Требования к топливу  
[Requirements for fuel]**

Наименование показателя	Значение для марки			
	Л	Е	З	А
Цетановое число, не менее	45			
Фракционный состав:				
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	280	255
95% (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	360	360	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	3,0–6,0	3,0–6,0	1,8–5,0	1,5–4,0
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже:				
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	62	40	35
для дизелей общего назначения	40	40	30	30
Массовая доля серы, мг/кг, не более	2000			
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01			
Массовая доля сероводорода	Отсутствие			
Испытание на медной пластинке	Выдерживает. Класс 1			
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5			
Йодное число, г йода/100 г топлива, не более	6			
Зольность, %, не более	0,01			
Коксуемость, 10%-ного остатка, %, не более	0,20			
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24			
Содержание воды, мг/кг, не более	200			
Плотность при 15 °С, кг/м, не более	863,4	863,4	843,4	833,5
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	Минус 5 —	Минус 15 —	Минус 25 Минус 35	Минус 45

С точки зрения возможностей использования в транспортных дизелях топлива на основе пальмового масла, положительным фактором служит то, что оно в сравнении с другими альтернативными энергоносителями обладает химмотологическими свойствами (теплота сгорания, стехиометрическое соотношение, цетановое число и др.), которые по основным эксплуатационным требованиям близки к традиционному (дизельному) топливу (табл. 2). Тем не менее, по ряду физических свойств пальмовое масло имеет ряд отличий от нефтяного топлива, что может оказать негативное влияние на эффективные и экологические показатели двигателя.

В этих условиях становится очевидной необходимость в принятии специальных мер, которые позволили бы в наибольшей степени приблизить моторные свойства пальмового масла к стандартным свойствам дизельного топлива.

В качестве одной из таких мер является использование двухкомпонентных топлив [7], состоящих из смеси дизельного топлива и пальмового масла. При варьировании составом такого топлива возможно достижение наиболее приемлемых его физико-химических свойств.

Для выработки средств и метода совершенствования показателей работы дизеля на добавках пальмового масла появляется необходимость в предварительном изучении проблемных вопросов, связанных с использованием данного вида то-

плива с новыми физико-химическими свойствами, для разработки адекватных средств и метода их решения. Одним из ключевых вопросов стоит проблема качества смесеобразования и ее влияние на процесс сгорания.

Анализ процесса смесеобразования с учетом отличия физических свойств пальмового масла от характеристик дизельного топлива проводился на основе математического исследования. При этом имелось в виду, что большинство из математических методов исследования параметров смесеобразования основаны на использовании критериальных зависимостей, которые обладают наибольшей универсальностью (общностью), и поэтому повсеместно применяются в современной исследовательской практике. В этих зависимостях присутствуют такие физические параметры топлива как плотность топлива  $\rho_T$ , динамическая вязкость  $\mu_T$  и поверхностное натяжение  $\sigma_T$ , которые в основном и обуславливают принципиальные отличия пальмового масла от углеводородного дизельного топлива.

Анализируя математическую структуру используемых критериальных зависимостей, априори можно отметить, что при неизменных режимных, конструктивных и регулировочных параметрах двигателя характеристики впрыскивания и распыливания для дизельного топлива (дальнобойность  $l_T$  и угол раскрытия топливной струи  $\gamma_T$ , мелкость распыливания  $d_T$ ) могут претерпевать существенные изменения в случае применения пальмового масла.

Для расчета показателей качества распыленного топлива были использованы следующие основные критерии:

— критерий Вебера, характеризующий соотношение сил поверхностного натяжения и инерции:

$$We = \frac{U_0^2 \cdot d_c \cdot \rho_T}{\sigma_T}, \quad (1)$$

где  $U_0$  — средняя скорость за время впрыскивания цикловой порции топлива, м/с;  $d_c$  — диаметр распыливающего отверстия форсунки, м;

— критерий  $M$ , характеризующий соотношение сил поверхностного натяжения, инерции и вязкости:

$$M = \frac{\mu_T^2}{\rho_T \cdot d_c \cdot \sigma_T}. \quad (2)$$

С использованием этих критериев авторами проведено предварительное математическое изучение (с применением программного комплекса MathCAD) влияния физических свойств биологического топлива на характеристики смесеобразования. При этом в качестве базовых были использованы известные показатели физических свойств (плотности, динамической вязкости, поверхностного натяжения) пальмового масла. Было получено: изменение (в сторону увеличения) плотности пальмового масла ( $M$ ) относительно дизельного топлива, что практически не влияет на границу между начальным и основным участками развития струи (показатель степени  $-0,05$ ). Более высокое значение поверхностного натяжения для биологического топлива без изменения прочих условий рас-

пыла приводит к приближению к распылителю границы участков. Основной фактор, влияющий на расположение границы между участками, — значение динамической вязкости топлива, так как оно для дизельного топлива и пальмового масла (биотоплива) отличается практически в 2 раза.

Установлено, что вследствие повышенных показателей плотности, поверхностного натяжения и вязкости для пальмового масла средний диаметр капель увеличивается (по сравнению с дизельным топливом), что должно отразиться на возрастании не только периода задержки воспламенения, но и его температурной чувствительности к процессу воспламенения. При этом угол рассеивания (раскрытия) топливной струи и ее боковая поверхность уменьшаются, что приведет к снижению количества испарившегося топлива за период задержки воспламенения. Более высокие значения плотности и динамической вязкости пальмового масла приводят к возрастанию дальности топливной струи, увеличению доли менее активного пленочного смесеобразования и более медленному изменению давления в цилиндре двигателя в фазе диффузионного сгорания, что сказывается на увеличении длительности процесса сгорания в цикле и соответствующем снижении его эффективности.

Из приведенных данных становится очевидным, что для сохранения эффективности рабочего цикла дизеля при переводе его на питание пальмовым маслом, на уровне исходного варианта (работа на дизельном топливе) необходимо предусмотреть ряд радикальных мер по внесению серьезных изменений в его конструкцию и систему топливоподачи. Все эти меры, очевидно, сопряжены с большими финансовыми и техническими затратами.

В качестве альтернативного варианта решения ряда отмеченных проблемных вопросов предлагается новый метод, не требующий изменений базовой конструкции дизеля, что служит наиболее важным фактором для условий Нигерии, не имеющей собственной отрасли двигателестроения.

### **Формулирование концепции предлагаемого метода**

Анализ и обобщения результатов проведенных исследований позволяют наметить ряд положений, которые могут быть положены в основу разработки концепции комплексного метода по совершенствованию показателей работы дизеля. Концепция в своей основе базируется на трех основных положениях, которые в общем виде могут быть сформулированы следующим образом.

1. Учитывая, что проблема создания высокоэффективного рабочего цикла дизеля при переводе его на питание пальмовым маслом сопряжена с необходимостью реализации целого ряда технических решений, требует внесения изменений базовой конструкции двигателя и его топливной аппаратуры, предлагается частичная замена дизельного топлива на биологический компонент. При применении пальмового масла в составе смесового топлива (при сохранении базовой комплектации двигателя) частично решаются задачи, связанные с отличием физико-химических свойств пальмового масла от традиционного нефтяного топлива.

2. Учитывая сложный (в ряде случаев неоднозначный) характер влияния доли биологической составляющей в составе смесового топлива на экологические и топливно-экономические показатели двигателя, выбор рационального компо-

нентного состава смесового топлива осуществляется на основе обобщенного критерия оптимальности, который позволяет интегрально оценить оптимальную величину этой доли. При этом прогнозируется достижение предельно возможного улучшения указанных показателей дизеля.

3. Одной из ключевых сопутствующих проблем, возникающей при использовании биологических добавок к углеводородному топливу, является вопрос снижения скорости сгорания смесового топлива и повышения эмиссии оксидов азота, без успешного разрешения которого разработка конкурентоспособного дизеля остается проблематичной. Для решения этой проблемы в состав рабочего тела двигателя вводится строго дозированная порция химически активного реагента. Благодаря применению реагента дополнительно прогнозируется также повышение полноты сгорания, и как следствие, эффективности использования энергии смесового топлива.

Таким образом, понятие «комплексный метод» предопределяет скоординированное, совокупное воздействие на показатели работы двигателя одновременно двух физико-химических факторов, один из которых привнесен оптимизацией компонентного состава смесового топлива, а другой — применением химического реагента.

В качестве биологической добавки к дизельному топливу предлагается использовать пальмовое масло, а в качестве небольшой дозы химического реагента — органическую перекись, как наиболее дешевую, хорошо растворимую в дизельном топливе жидкость.

Детальный механизм воздействия органической перекиси как химического реагента на процессы окисления (сгорания) смесовых биоуглеводородных топлив до настоящего времени остается еще малоисследованным. Однако уже сейчас, опираясь на известные положения теории химической кинетики и катализа, которые с той или иной степенью достоверности описывают ее, в рамках рабочей гипотезы можно указать на ряд характерных свойств данного химического реагента, влияющих на протекание процессов горения углеводородных и биологических компонентов смесового топлива.

Очевидно, что характер и эффективность любого активирующего средства будет определяться его реакционной способностью. В случае применения органической перекиси наибольший реакционный эффект следует ожидать от радикалов — продуктов разложения перекиси. Известно, что основной отличительной особенностью перекиси является то, что в реальных условиях процесса сгорания в дизеле присутствующая в зоне реагирования (окисления) углеводородов топлива перекись обнаруживает способность генерировать активные частицы (радикалы) — центры зарождения цепных реакций, обладающие уникальной способностью инициировать акты химического реагирования (окисления) компонентов смесового топлива.

В целом, результаты проведенного анализа дают основание предположить, что реагент в виде перекиси будет эффективным «реакционно-химическим инструментом», способным активно воздействовать на процессы выгорания частиц углеводородных и биологических компонентов топлива, повышая полноту сгорания смесового топлива в целом.

Приведенный краткий анализ характера воздействия химического реагента на процессы выгорания компонентов смесового топлива в дизеле, безусловно, не исчерпывающий и не исключает другие виды воздействия реагента на сложный механизм рабочего цикла. Тем не менее, предварительный анализ позволяет в первом приближении прогнозировать качественные изменения в процессах рабочего цикла дизеля, работающего с добавкой пальмового масла к дизельному топливу, благодаря реакционному влиянию химического реагента — органической перекиси.

С учетом данных проведенного исследования можно утверждать, что предлагаемая стратегия подобного комплексного подхода не только позволит оперативно решать экологические проблемные вопросы дизельного транспорта Нигерии, но и способствует решению проблемы сбережения баланса дорогостоящего нефтяного топлива, что, безусловно, важный национальный приоритет в финансовой сфере страны.

### Вывод

Необходимость решения задач по социально важным проблемам энергосбережения и экологической безопасности на транспорте Нигерии, а также, принимая во внимание тенденцию к постоянному повышению загрязнения атмосферы городов страны вредными веществами транспорта, разработка и внедрение предлагаемого метода в транспортный комплекс Нигерии представляется достаточно перспективным и экономически целесообразным. Применение, в рамках предлагаемой концепции, технически простых и мало затратных средств и метода может быть успешно осуществлено в условиях даже небольших авторемонтных предприятий Нигерии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах: учеб. пособие. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. 464 с.
- [2] Марков В.А., Девянин С.Н., Семенов В.Г. [и др.]. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях. М.: ООО НИЦ «Инженер»; ООО «Онико-М», 2011. 536 с.
- [3] Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков [и др.] / под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ «Инженер»; ООО «Онико-М», 2012. 791 с.
- [4] Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орси́к, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко [и др.] / под ред. В.Ф. Федоренко. М.: ФГНУ «Росинформротех», 2008. 404 с.
- [5] Гусаков С.В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников: учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. 318 с.
- [6] ГОСТ 305—2013. Топливо дизельное. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
- [7] Фомин В.М., Атраш Рами. Разработка бинарных топлив на основе биоуглеводородных композиций оптимизированного компонентного состава для энергетических установок транспортных средств // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). С. 28—30.

© Ощепков П.П., Симеон Адедожа Адегбенро, 2017

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 7 сентября 2017

Дата принятия к печати: 30 сентября 2017

**Для цитирования:**

**Ощепков П.П., Симеон Адедожа Адегбенро. Альтернативное топливо для автотранспорта Нигерии на основе пальмового масла // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: «Инженерные исследования». 2017. Т. 18. № 4. С. 437—444. doi: 10.22363/2312-8143-2017-18-4-437-444**

**Сведения об авторах:**

*Ощепков Пётр Платонович*, кандидат технических наук, доцент департамента машиностроения и приборостроения инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Область научных интересов:* системы автоматизированного проектирования, эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, альтернативные топлива. *Контактная информация:* E-mail: oshchepkov\_pp@rudn.university

*Симеон Адедожа Адегбенро (Нигерия)*, аспирант департамента машиностроения и приборостроения инженерной академии академии Российского университета дружбы народов. *Область научных интересов:* эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, альтернативные топлива, теоретические и практические вопросы эксплуатации транспортных средств. *Контактная информация:* E-mail: simeonadegbenro@gmail.com

## **PALM OIL AS ALTERNATIVE FUEL FOR AUTO-TRANSPORT IN NIGERIA**

**P.P. Oshchepkov, Simeon Adedoja Adegbenro**

Peoples' Friendship University of Russia  
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The paper presents the results of the analysis on using vegetable oils as fuel for diesel engines. Possibility of using palm oil as alternative fuel is considered. Physicochemical properties of plant oil and the requirements for diesel fuel are given. Changes in physicochemical parameters of composite fuel are investigated. Palm oil is proposed to be used as a biological additive to diesel fuel and organic peroxide — as a reagent. The results of mixing process analysis, taking into account the differences between physical properties of palm oil and diesel fuel characteristics, are presented. The analysis was based on mathematical investigation. The effect of physical properties (density, dynamic viscosity, surface tension) of palm oil on the characteristics of mixing process has been examined. Changes in palm oil density, higher values of surface tension and dynamic viscosity have been observed. It was established that with increased density, surface tension and viscosity of palm oil, the average diameter of the drops increases, which should increase not only the ignition delay period, but also temperature sensitivity to the ignition process. With that the fuel jet dispersion angle and side surface decrease. A conclusion was made that in order to maintain the effectiveness of the diesel engine working cycle when switching to palm oil fuel, there is an obvious need for radical measures to substantially change its structure and fuel feed system. Palm oil is proposed to be used as an additive to diesel fuel and organic peroxide — as a reagent.

**Key words:** Diesel engine, plant oil, palm oil, two-component fuel, composite fuel, chemical reagent, organic peroxide



## REFERENCES

- [1] Markov V.A., Gaivoronski A.I., Grekhov L.V., Ivashenko N.A. Rabota dizelej na netradicionnyh toplivah: ucheb. posobie [Operation of diesel engine on non-traditional fuel.: Textbook]. M.: “Legion-Autodata” publ., 2008. 464 p. (in Russ.)
- [2] Markov V.A., Devaynin S.N., Semenov V.G. etc. Ispol’zovanie rastitel’nyh masel i topliv na ih osnove v dizel’nyh dvigateljah [The use of plant oils and fuels on their basis for Diesel engines]. M.: LLC SIC «Engineer»; LLC «Oniko-M», 2011. 536 p. (in Russ.)
- [3] Al’ternativnye topliva dlja dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Alternative fuel for internal combustion engines]. A.A. Aleksandrov, I.A. Arharov, V.A. Markov etc. Under the editorship of A.A. Alexandrov, V.A. Markov. M.: LLC SIC «Engineer»; LLC «Oniko-M», 2012. 791 p. (in Russ.)
- [4] Bioenergetika: Mirovoj opyt i prognozy razvitija [Bioenergy: international experience and prospects for development]. L.S. Orsik, N.T. Sorokin, V.F. Fedorenko, etc. Under the editorship of V.F. Fedorenko. M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. 404 p (in Russ.)
- [5] Gusakov C.V. Perspektivy primeneniya v dizel’nyh al’ternativnyh topliv iz vozobnovljaemyh istochnikov [Prospects of using alternative fuel from renewable resources in Diesel engines: Textbook]. M.: RUDN, 2008. 318 p. (in Russ.)
- [6] GOST 305—2013 Diesel Fuel. Specifications. M.: Standartinform Publ., 2014. 12 p.
- [7] Fomin V.M., Atrash Rami. Razrabotka binarnykh topliv na osnove biouglevodorodnykh kompozitsij optimizirovannogo komponentnogo sostava dlja jenergeticheskikh ustanovok transportnykh sredstv [Developing binary fuel on the basis of optimized biohydrocarbon compositions for transport engines]. Transport on Alternative Fuel. 2012. № 4 (28). P. 28—30. (in Russ.)

### Article history:

Received: 7 September 2017

Accepted: 30 September 2017

### For citation:

**Oshchepkov P.P., Simeon Adedoja Adegbenro. (2017). Palm oil as alternative fuel for auto-transport in Nigeria. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(4), 437—444. doi: 10.22363/2312-8143-2017-18-4-437-444**

### Bio Note:

*Petr Platonovich Oshchepkov*, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the Department of Mechanical and Tool Engineering, Academy of Engineering, Peoples’ Friendship University of Russia. *Research interests*: computer aided design systems, internal combustion engines operation, alternative fuels. *Contact information*: E-mail: oshchepkov\_pp@rudn.university

*Simeon Adedoja Adegbenro (Nigeria)*, graduate student at the Department of Mechanical and Tool Engineering, Academy of Engineering, Peoples’ Friendship University of Russia. *Research interests*: internal combustion engines operation, alternative fuels, theoretical and practical problems of transport operation. *Contact information*: E-mail: simeonadegbenro@gmail.com