

7. Samarsky A.A., Mikhailov A.P. Matematicheskoe modelirovanie. Idei. Metody. Primery. 2-e izd., ispr. [Math modeling. Ideas. Methods. Examples. 2nd ed., rev.] M.: FIZMATLIT 2001.

8. Berd G. Molekulyarnaya gazovaya dinamika [Molecular gas dynamics]. M.: Mir, 1981. 319 p.

9. Pletnev L.V. Monte Carlo Simulation of Evaporation Process into the Vacuum // Monte Carlo

Methods and Applications. 2000. Vol. 6. Issue 3. Pp. 191–203.

10. Uvarova L.A., Pletnev L.V. Modelirovanie perenosa chastits v tsilindricheskikh sistemakh [Modeling of particle transferring in cylindrical systems] // Herald of "STANKIN". 2011. Issue 4 (16). Pp. 63–65.

Received on July 8, 2016

УДК 631.354

ДИДМАНИДЗЕ ОТАРИ НАЗИРОВИЧ, докт. техн. наук, член-корреспондент РАН, профессор¹

E-mail: a.kareff2012@yandex.ru

ВАРНАКОВ ДМИТРИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент²

E-mail: varndm@mail.ru

ВАРНАКОВ ВАЛЕРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: varnval@mail.ru

КАРЕВ АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, канд. техн. наук, доцент¹

E-mail: a.kareff2012@yandex.ru

ВАРНАКОВА ЕКАТЕРИНА АЛЕКСЕЕВНА, мл. научный сотрудник²

E-mail: varndm@mail.ru

ПЛАТОНОВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ

E-mail: varnval@mail.ru

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

²Ульяновский государственный университет, ул. Льва Толстого, 42, Ульяновск, 432017, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ УСЛОВИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ И ЦЕТАНОВОГО ЧИСЛА

В статье рассмотрены вопросы использования биодизельного топлива как альтернативного топлива для автомобилей. В экономически развитых странах существуют программы по развитию энергетики, основанной на возобновляемых источниках энергии, что свидетельствует об актуальности данного направления исследований. Однако снижение цетанового числа и ухудшение низкотемпературных свойств ограничивают применение биотоплива. Разработаны способы оценки оптимального соотношения компонентов биодизельного топлива. На основании предложенных способов произведена оценка оптимального соотношения компонентов биодизельного топлива с учетом изменения его цетанового числа и низкотемпературных свойств. Для этого был применен анализатор низкотемпературных свойств нефтепродуктов и пробы биодизельного топлива с различным соотношением компонентов. Представлены низкотемпературные свойства биодизельного топлива в зависимости от температуры и процентного содержания рапсового масла, определено и обосновано оптимальное соотношение. Определено оптимальное соотношение дизельного топлива и рапсового масла при обеспечении требований стандарта по метановому числу. С этой целью

была использована установка, применяющая метод совпадения вспышек с использованием электронного индикатора периода задержки воспламенения. Рассмотрены показатели качества биодизельного топлива для различного содержания компонентов и предложены данные способы для смесевых биодизельных топлив, состоящих из различных компонентов. Обоснованы оптимальные соотношения дизельного топлива и рапсового масла при обеспечении требований стандарта по низкотемпературным свойствам и цетановому числу в зависимости от температуры окружающей среды при эксплуатации дизельных двигателей автотранспортных средств.

Ключевые слова: биотопливо, биодизельное топливо, оперативный контроль качества биотоплива, датчик мутности, стабильность биотоплива, низкотемпературные свойства биотоплива.

Введение. В настоящее время в экономически развитых странах существуют программы по развитию энергетики, основанной на возобновляемых источниках энергии. Все более актуальными становятся вопросы использования альтернативных топлив для автомобилей. Производство биотоплива поддерживается многими странами Европы, как мерами льготного налогообложения, так и целевыми программами, устанавливающими долю биотоплива. Так, в Евросоюзе принята Директива, устанавливающая цели замещения жидкого топлива биотопливом, а также объявлены стратегические цели по обеспечению энергетической безопасности и приоритеты экологической политики, ориентированные до 2020 г. [1–5].

Биодизельное топливо является разновидностью биотоплива. Оно основано на растительных или животных жирах (масел), а также продуктах их этерификации. Биодизельное топливо применяется на автотранспорте как в чистом виде, так и в качестве различных смесей с дизельным топливом [1, 2].

Наряду с многочисленными положительными свойствами биодизельное топливо имеет недостатки: короткий срок хранения, более высокую температуру помутнения, начала кристаллизации и замерзания в сравнении с дизельным топливом [6, 7].

Для улучшения низкотемпературных свойств биотоплива существует несколько подходов, в частности, применяют способ повышения окислительной стабильности биотоплива путем добавления 2,6-ди-трет-бутилгидрокситолуола [8], а также способ электромагнитной очистки и обработки топлива [9–11].

Необходимо выяснить, как ведет себя биотопливо при низких температурах и как меняются его низкотемпературные свойства.

Цель исследований – определение низкотемпературных свойств биодизельного топлива в зависимости от температуры и процентного содержания рапсового масла в дизельном топливе.

На территории Европейской части России перепад средних температур составляет 90°C. Большую часть года держатся отрицательные и близкие к нулю температуры. При этом большое значение имеет получение рационального соотношения базовых компонентов биодизельного топлива, отвечающего климатическим особенностям окружающей среды.

Материалы и методы. В качестве образцов выступила смесь дизельного топлива (зимнего) и рапсового масла. Были приготовлены 11 образцов, из них – 9 смесевых биотоплив, 1 образец чистое дизельное топливо и 1 рапсовое масло. Все 11 образцов смешивались в строгих пропорциях.

Испытания проводились в Ульяновском филиале Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН. Прибором для проведения испытаний послужил анализатор низкотемпературных свойств нефтепродуктов «ИРЭН 2.3».

Прибор предназначен для экспресс-определения температур помутнения, начала кристаллизации и застывания дизельных топлив (в том числе и с депрессорными присадками), моторных масел, авиационных керосинов и антифризов. Данные параметры определяют бесперебойную подачу топлива в двигатель при низкой температуре и являются критичными при эксплуатации техники в условиях низких температур окружающей среды. Применение данного прибора сокращает время анализа пробы топлива и не требует специальной подготовки обслуживающего персонала.

Результаты и обсуждение. Проводилось по три испытания каждого из 11 образцов. При каждом испытании 0,2 мл образца с помощью отборника помещалось в кюветку. Проба накрывалась сверху вибростандом, что делало емкость кюветки герметичной. После каждого испытания кювета тщательно промывалась бензином несколько раз, затем промывалась следующим испытываемым образцом.

Охлаждение образца начиналось при температуре 20°C и доходило до -53°C, затем плавное нагревание до температуры 20°C. На дисплей прибора выводились параметры температуры помутнения, начала кристаллизации и застывания. Замер параметров проводился с интенсивностью 8 раз в 1 сек.

Первоначально испытывался образец с дизельным топливом без содержания рапсового масла. Диаграмма для этого образца представлена на рисунке 1.

Графики 1 и 2 различаются, так как охлаждение и нагревание – инертные процессы.

Из графиков видно, что исследуемое топливо охлаждается с небольшим запозданием относительно дна кюветы. Дно кюветы охлаждается с помощью элементов Пельтье. С понижением температуры вязкость понижается в два этапа: первый этап – плавный, второй – резкий. При температуре начала

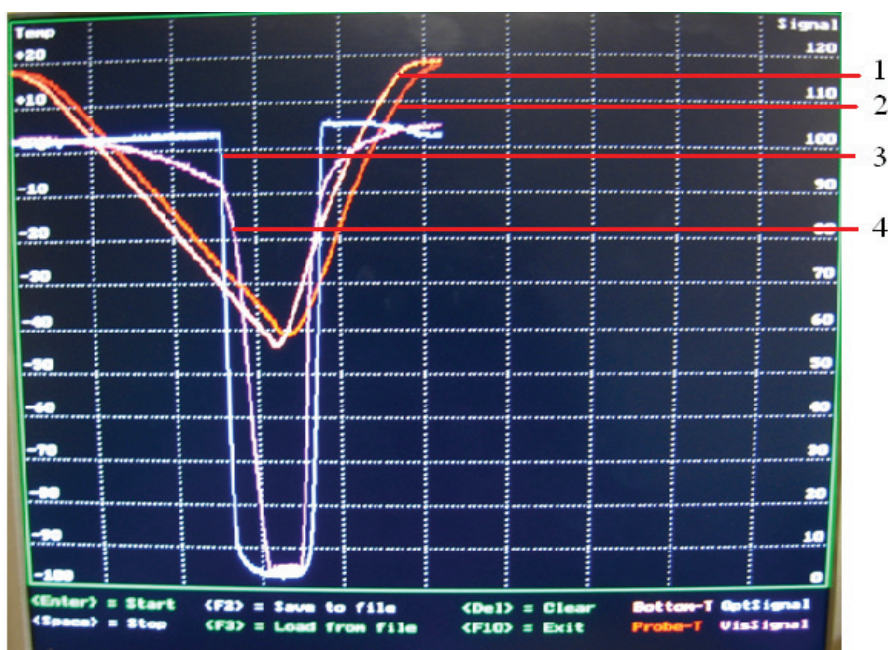


Рис. 1. Диаграмма испытания дизельного зимнего топлива: 1 – температура охлаждения дна кюветы, °С; 2 – температура охлаждения пробы, °С; 3 – изменение прохождения оптического сигнала; 4 – изменение прохождения вибросигнала [7, 8]

кристаллизации дизельного зимнего топлива -27°C резко понижается вязкость топлива. Оптический сигнал резко снижается при температуре помутнения дизельного топлива при температуре $-24,5^{\circ}\text{C}$.

Анализ результатов низкотемпературных исследований биодизельного топлива показал, что при увеличении содержания рапсового масла температура контролируемых параметров повышается по мере увеличения содержания рапсового масла (рис. 2).

При расчете оптимального процентного соотношения рапсового масла и дизельного топлива следует учитывать не только низкотемпературные

свойства, но и цетановое число биодизеля. Известно, что с увеличением процентного содержания рапсового масла в биодизеле прямо пропорционально снижению цетанового числа.

Исследования оптимального процентного соотношения рапсового масла и дизельного топлива на цетановое число проводились в испытательной лаборатории нефтепродуктов г. Ижевска. Испытательная лаборатория нефтепродуктов аккредитована Госстандартом России на техническую компетентность и независимость.

На одноцилиндровой установке для определения цетановых чисел дизельных топлив ИДТ-90

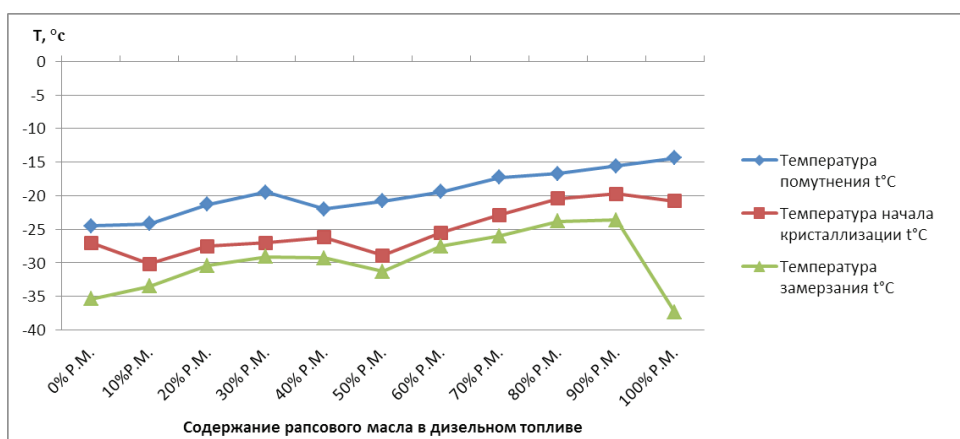


Рис. 2. Результаты испытаний низкотемпературных свойств биодизельного топлива на установке «ИРЭН 2.3»

проводились исследования трех проб с содержанием рапсового масла 10%, 20% и 30%. Диапазон определения цетановых чисел – от 20 до 80.

По результатам исследования биодизельного топлива по цетановому числу построена диаграмма изменения цетанового числа с увеличением процентного содержания рапсового масла в биодизельном топливе (рис. 3).

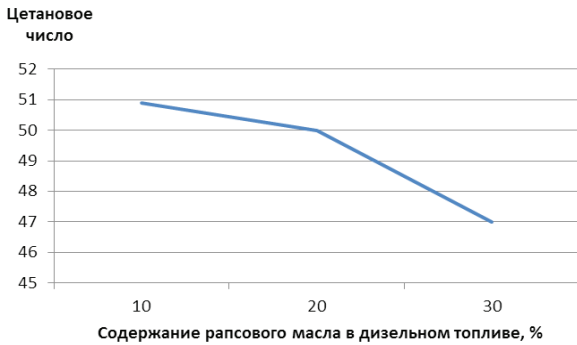


Рис. 3. Диаграмма изменения цетанового числа с увеличением процентного содержания рапсового масла в дизельном топливе

С увеличением процентного содержания рапсового масла в биодизеле до 30% цетановое число снижается до 47. Цетановое число для дизельного топлива ЕВРО класс 3, вид III (ДТ-А-К5) ГОСТ Р52368-05 (ЕН 590:2009), не ниже 46. Дальнейшее увеличение содержания рапсового масла нецелесообразно.

Выводы

По результатам исследований биодизельного топлива с различным процентным содержанием рапсового масла по низкотемпературным свойствам и цетановому числу можно сделать следующие выводы.

1. Для использования биодизельного топлива для центрального и южных регионов России по низкотемпературным и эксплуатационным свойствам подходит биодизельное топливо с содержанием рапсового масла до 30%.

2. Биодизельное топливо, состоящее из 30% рапсового масла и 70% дизельного топлива, соответствует требованиям ГОСТ Р52368-05 (ЕН 590:2009) по цетановому числу. Применение биодизельного топлива не требует переделки топливной аппаратуры и самого дизельного двигателя.

Библиографический список

1. Варнаков Д.В. Результаты разработки устройства поддержания эксплуатационных свойств дизельных и биодизельных топлив / Д.В. Варнаков, В.В. Варнаков, А.В. Платонов // В сборнике «Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы»: Труды 18-й Международной конференции. 2015. С. 203–204.

2. Информационно-аналитическое агентство Cleandex. URL: <http://www.leadex.ru/articles/2008/07/08/biofuels-europe>.

3. Дидманидзе О.Н. Концепция технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О.Н. Дидманидзе, Д. В. Варнаков, В.В. Варнаков // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 2 (72). С. 51–57.

4. Дидманидзе О.Н. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О.Н. Дидманидзе, А.М. Карев, Г.Е. Митягин // Международный научный журнал. 2016. № 1. С. 53–65.

5. Измайлов А.Ю., Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Карев А.М. Ресурсосбережение на автомобильном транспорте. М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. 84 с.

6. Марков В.А. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве моторного топлива / В.А. Марков, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, Н.Н. Пуляев // Грузовик. 2016. № 1. С. 37–48.

7. Марков В.А. Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив / В.А. Марков, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, Н.Н. Пуляев // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). С. 29–41.

8. Применение 2,6-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛГИДРОКСИТОЛУОЛА для повышения окислительной стабильности при хранении: Патент № 2340655, МПК, С10L1/183 (2006.01) / Ингендо Аксель (DE), Ротер Кристиан (DE), Хайзе Клаус-Петер (DE).

9. Устройство для обработки и очистки топлива двигателей внутреннего сгорания: Патент № 2270355, МПК F02M27/04 (2006. 01) / В.В. Варнаков, А.П. Кожевников, А.Е. Абрамов.

10. Способ и система контроля качества топлива: Патент № 2320983 / В.В. Варнаков, А.Е. Абрамов, Д.В. Варнаков.

11. Варнаков В.В. Математическая модель процесса разделения эмульсии «Дизельное топливо-вода» в цилиндрических гидроциклонах / В.В. Варнаков, К.Р. Кундротас, Д.В. Варнаков // Международный научный журнал. 2013. № 1. С. 99–102.

12. Варнаков В.В., Варнаков Д.В., Платонов А.В. Подготовка и контроль качества биотоплива в двигателях внутреннего сгорания // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной науки и образования». Ульяновск: УлГУ, 2010. С. 30–32.

13. Устройство оперативного контроля качества биотоплива: Патент № 2471186 / В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, А.В. Платонов.

14. Устройство контроля низкотемпературных свойств дизельных и биодизельных топлив с системой подогрева: Патент на полезную модель RUS 147779 от 16.07.2014 / В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, А.В. Платонов, Е.А. Варнакова.

Статья поступила 24.05.2016

DETERMINING OPTIMAL RATIO OF BIODIESEL COMPONENTS WHILE OBTAINING ITS LOW TEMPERATURE PROPERTIES AND CETANE NUMBER

OTARI N. DIDMANIDZE, DSc (Eng), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor¹

E-mail: a.kareff2012@yandex.ru

DMITRY V. VARNAKOV, DSc (Eng), Associate Professor²

E-mail: varndm@mail.ru

VALERY V. VARNAKOV, DSc (Eng), Professor²

E-mail: varnval@mail.ru

ALEKSEY M. KAREV, PhD (Eng), Associate Professor²

E-mail: a.kareff2012@yandex.ru

YEKATERINA A. VARNAKOVA, Junior Researcher²

E-mail: varndm@mail.ru

ALEKSANDR V. PLATONOV²

E-mail: varnval@mail.ru

¹Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

²Ulyanovsk State University, L'va Tolstogo str., 42, Ulyanovsk, 432017, Russian Federation

The paper discusses the use of biodiesel as an alternative vehicle fuel. Programs on power industry development implemented in economically developed countries and based on renewable energy sources indicate the research relevance. However, the decrease in cetane number and the deterioration of low temperature properties limit the use of biofuels. However, there have been developed methods for evaluation of the optimum ratio of biodiesel components. Basing on the proposed methods the authors have evaluated the optimal biodiesel component ratio, taking into account changes in its cetane number and low-temperature properties. For this purpose, use has been made of an analyzer of low temperature properties of petroleum and biodiesel samples with a different ratio of components. The authors have presented low-temperature properties of biodiesel depending on the temperature and the content of rapeseed oil, as well as determined and justified their optimal ratio of diesel fuel and rapeseed oil with account of standard requirements for methane number. To this end, use has been made of an installation applying the method of matching outbreaks using an electronic indicator of the ignition delay period. The authors also consider biodiesel quality indicators for different content ratio of components and offer methods for obtaining mixed biodiesel fuels consisting of different components. They have also provided grounds for the optimal ratio of diesel fuel and rapeseed oil corresponding to the standard requirements for low-temperature properties and cetane number depending on the ambient temperature of the operation of diesel engine vehicles.

Key words: biofuel, biodiesel, biofuel operational quality control, turbidity sensor, biofuels stability, low-temperature properties of biofuels.

References

1. Varnakov D.V. Rezul'taty razrabotki ustroystva podderzhaniya ekspluatatsionnykh svoystv dizel'nykh i biodizel'nykh topliv [The results of developing a device maintaining operational properties of diesel and biodiesel fuels] / D.V. Varnakov, V.V. Varnakov, A.V. Platonov // In the paper collection "Opto-, nanoelectronics, nanotechnology and microsystems": Proceedings of the 18th International conference. 2015. Pp. 203–204.

2. Informatsionno-analiticheskoe agentstvo Cleandex [Information-analytical agency Cleandex]. URL: <http://www.leadex.ru/articles/2008/07/08/biofuels-europe>.

3. Didmanidze O.N. Kontseptsiya tekhnicheskogo servisa po fakticheskomu sostoyaniyu mashin na osnove otsenki ikh parametricheskoy nadezhnosti [Technical service concept based on the actual machinery condition and the assessment of its parametric reliability] / O.N. Didmanidze, D.V. Varnakov, V.V. Varnakov // Herald of FSBE HPE "Moscow State Agroengi-

neering University named after V.P. Goryachkin", 2016. Issue 2 (72). Pp. 51–57.

4. Didmanidze O.N. O perspektivakh razvitiya avtomobil'nogo transporta v agropromyshlennom komplekse [On the prospects of road transport development in agriculture] / O.N. Didmanidze, A.M. Karev, G.E. Mityagin // International Journal. 2016. Issue 1. Pp. 53–65.

5. Izmailov A.Yu., Didmanidze O.N., Mityagin G.E., Karev A.M. Resursosberezhenie na avtomobil'nom transporte. [Resource-saving for road transport]. M.: OOO "UMTS" Triada", 2016. 84 p.

6. Markov V.A. Ispol'zovanie smesey dizel'nogo topliva i metilovogo efira podsolnechnogo masla v kachestve motornogo topliva [Using mixtures of diesel fuel and sunflower oil methyl ester as a fuel] / V.A. Markov, S.N. Devyanin, Ye.A. Ulyukina, N.N. Puliaev // Truck. 2016. Issue 1. Pp. 37–48.

7. Markov V.A. Metilovyy efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskiy komponent neftnykh motornykh topliv [Methyl ester of sunflower oil as an environmental component of petroleum motor fuels] / V.A. Markov, S.N. Devyanin, Ye.A. Ulyukina, N.N. Puliaev // Alternative Fuel Vehicles. 2015. Issue 4 (46). Pp. 29–41.

8. Primenenie 2,6-DI-TRET-BUTILGIDROKSITOLUOLA dlya povysheniya okislitel'noy stabil'nosti pri khraneniі [The use of 2,6-di-tert-butyl hydroxytoluene to improve the oxidative stability during storage: Patent number 2340655, IPC S10L1 / 183 (2006.01)] / Ingendo Axel (DE), Rother, Christian (DE), Klaus-Peter Heise (DE).

9. Ustroystvo dlya obrabotki i ochistki topliva dvigateley vnutrennego sgoraniya [A device for treatment and purification of fuel for internal com-

bustion engines]: Patent number 2270355, F02M27 / 04 IPC (2006, 01) / V.V. Varnakov, A.P. Kozhevnikov, A.Ye. Abramov.

10. Sposob i sistema kontrolya kachestva topliva [The method and system of fuel quality control]: Patent number 2320983 / V.V. Varnakov, A.Ye. Abramov, D.V. Varnakov.

11. V.V. Varnakov. Matematicheskaya model' protsessa razdeleniya emul'sii «Dizel'noe toplivo-voda» v tsilindrokonicheskikh gidrotsiklonakh [The mathematical model of the process of separation of "Diesel-water" emulsion in the cylindrical hydrocyclones] / V.V. Varnakov, K.R. Kundrotas, D.V. Varnakov // International Journal. 2013. Issue 1. Pp. 99–102.

12. Varnakov V.V., Varnakov D.V., Platonov A.V. Podgotovka i kontrol' kachestva biotopliva v dvigateleykh vnutrennego sgoraniya [Bio-fuel preparation and quality control in internal combustion engines] // Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual Problems of Modern Science and Education". Ulyanovsk: USU, 2010. Pp. 30–32.

13. Ustroystvo operativnogo kontrolya kachestva biotopliva [The apparatus of operational quality control of biofuel]: Patent number 2471186 / V.V. Varnakov, D.V. Varnakov, A.V. Platonov.

14. Ustroystvo kontrolya nizkotemperaturnykh svoystv dizel'nykh i biodizel'nykh topliv s sistemoy podogreva [The apparatus of control of low-temperature properties of diesel and biodiesel fuels with heating system]: The patent for utility model, RUS 147 779 from 07.16.2014 / V.V. Varnakov, D.V. Varnakov, A.V. Platonov, Ye.A. Varnakova.

Received on May 24, 2016

УДК 656.135.8; 658.012.2

ПУХОВ ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук¹

E-mail: puma231@yandex.ru

КОМАРОВ ЯН ВИКТОРОВИЧ¹

E-mail: yaniks88@bk.ru

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Рост числа технических средств требует соответствующего развития сферы технического обслуживания и ремонта транспортных и технологических машин. Проведение качественного анализа информации и повышение скорости обработки данных является одним из важных направлений развития экономики страны.