

Eremin Mikhail – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, associate professor of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: emu69@yandex.ru.

Aksenov Igor – senior lecturer of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: igor-aksenov1989@ya.ru.

Afonicheva Daria – student of the federal state budgetary educational institution of higher education «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great», Russia, Voronezh, e-mail: daria.afonicheva@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 08.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 629.113-592.004.58

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-76-83

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ OFFLINE/ONLINE КОНТРОЛЯ РАСХОДА ТОПЛИВА И ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТОРНОГО МАСЛА ДЛЯ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

¹Бондаренко Ирина Иосифовна
¹Михалков Виктор Владимирович
¹Сергеев Кирилл Леонидович
^{2,3}Родионов Юрий Викторович
^{2,3}Никитин Дмитрий Вячеславович
²Скоморохова Анастасия Игоревна

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

³ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Реферат. В настоящее время производство колесных тракторов ведется с усложнением конструкции силовых агрегатов, что увеличивает значимость своевременного технического обслуживания и качества выполнения регулировочных работ, которые оказывают непосредственное влияние на надежность автотракторной техники при эксплуатации и безопасность во время движения. Проведены лабораторные и эксплуатационные испытания на учебном тракторе Беларус-925 М и на тракторе Беларус-952, находящемся в реальных условиях эксплуатации. Установлено, что своевременное бортовое диагностирование тракторов модельного ряда «Беларус» дает возможность выявить и рассчитать срок службы узлов колесного трактора в процессе его эксплуатации без первоначальной разборки узла двигателя трактора. Рассмотрено типовое оборудование, которым оснащены современные системы, обеспечивающие инструментальный offline/online контроль расхода топлива и постоянный мониторинг рабочих режимов автотракторной техники в процессе эксплуатации. Предложены интеллектуальные датчики для систем топливной телематики для точного измерения уровня топлива в баках любых мобильных машин и стационарных емкостях. Основные контролируемые параметры: расход топлива, время и режим работы двигателя, объем и температура топлива, работа навесного оборудования, нагрузка на ось. Разработана новая методика и процесс бортового мониторинга степени выработки и определения по комплексному показателю предельной выработки ресурса моторного масла. На основании экспериментальных результатов получен математический показатель, который учитывает количество циклов пуска двигателя трактора «Беларус» и весь объем израсходованного топлива при различных режимах его работы в реальных условиях эксплуатации. Представленные в статье датчики прогнозируют рассчитываемый объем топлива в баке колесного трактора в соответствии с тарировочной таблицей, вносимой во внутреннюю память датчика при помощи сервисного комплекта организации. Выявлена величина

предельной выработки ресурса моторного масла ($V_0 = 5785,7$ л) колесного трактора Беларус-952, находящегося в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: трактор, моторное масло, ресурс, пороговое значение, двигатель.

MODERN SYSTEMS FOR OFFLINE/ONLINE CONTROL OF FUEL CONSUMPTION AND THRESHOLD VALUES OF ENGINE OIL FOR TRACTORS «BELARUS»

¹Bondarenko Irina,

¹Mikhalkov Viktor,

¹Sergeev Kirill,

²Rodionov Yury,

²Nikitin Dmitry,

²Skomorokhova Anastasia

¹Educational Institution "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk

²FSBEI HE "Tambov state technical university"

³FSBEI HE "Michurinsky State Agrarian University"

Abstract. The production of wheeled tractors is carried out with the increasing complexity of the design of power units at the present time, which increases the importance of timely maintenance and the quality of adjustment work, which have a direct impact on the reliability of automotive equipment during operation and safety while driving. Laboratory and operational tests were carried out on a training tractor Belarus-925 M and on a tractor Belarus-952, which is in real operating conditions. It has been established that timely on-board diagnostics of tractors of the Belarus model range makes it possible to identify and calculate the service life of wheeled tractor units during its operation without initial disassembly of the tractor engine unit. The article considers the typical equipment with which modern systems are equipped that provide instrumental offline / online monitoring of fuel consumption and constant monitoring of the operating modes of automotive vehicles during operation. Intelligent sensors for fuel telematics systems are proposed for accurate measurement of the fuel level in the tanks of any mobile machines and stationary tanks. The main monitored parameters: fuel consumption, engine operating time and mode, fuel volume and temperature, attachment operation, axle load. A new method and process of on-board monitoring of the degree of production and determination of the maximum development of the engine oil resource by a complex indicator have been developed. The mathematical indicator, which takes into account the number of engine start cycles of the tractor "Belarus" and the entire volume of fuel consumed under different operating modes in real operating conditions, was obtained on the basis of experimental results. The sensors presented in the article predict the calculated volume of fuel in the tank of a wheeled tractor in accordance with the calibration table entered into the internal memory of the sensor using the organization's service kit. The sensors presented in the article predict the calculated volume of fuel in the tank of a wheeled tractor in accordance with the calibration table entered into the internal memory of the sensor using the organization's service kit. The value of the limiting development of the resource of engine oil ($V_0 = 5785.7$ l) of the wheeled tractor Belarus-952, which is in real operating conditions, was revealed.

Keywords: tractor, engine oil, life, threshold value, engine.

Введение. В рамках экспериментальных исследований проведены лабораторные и эксплуатационные испытания на тракторе Беларус-925 М, который является учебным трактором и принадлежит УО БГАТУ («Белорусскому государственному аграрному техническому университету»), и на тракторе Беларус-952, находящийся в реальных условиях эксплуатации. При проведении испытаний было установлено, что выработка ресурса моторного масла находится в зависимости от общего количества израсходованного двигателем топлива. Для нормальной работы масел имеются ограничения на количество загрязнений в нем, которое не влияет на функциональные свойства масел. Критерий выбора времени до замены масла определяется соотношением между его загрязнением и расходом топлива [1, 2].

При рассмотрении инструкции по эксплуатации двигателя была выявлена закономерность: обычно изготовитель устанавливает наработку двигателя в часах или пробег трактора до замены

масла. При работе тракторов было установлено, что замена моторного масла в новых двигателях и двигателях, которые работают в достаточно благоприятных условиях, происходит преждевременно. Представленные образцы моторного масла М14Г₂ являлись работоспособными. Однако, в некоторых двигателях (как правило, вследствие неполадок в системах топливоподачи и охлаждения) масло утрачивает свою работоспособность до плановой замены согласно инструкции [3]. Анализ образцов масла выявил снижение вязкости, ухудшение смазывающих способностей и нарушение режима жидкого трения. Установлено, что ухудшение

качества масла зависит от технического состояния двигателя вызвано накоплением в исследуемых образцах продуктов неполного сгорания топлива, что непосредственно.

Система ORF представляет собой универсальный сервис для осуществления мониторинга транспорта, непривязанный к какому-либо конкретному типу бортового оборудования. Рассматриваемая конструкция оборудования имеет совместимость с практически любые виды бортовых терминалов для мониторинга транспортных средств, работающих по каналам связи GPRS, SMS, CDMA, GSM, а также радиоканалам подходят к рассматриваемой конструкции. Необходимое требование Бортовое оборудование транспортного средства необходимо оснастить приемником GPS или ГЛОНАСС и датчиками оборотов двигателя, уровня топлива и расхода топлива для использования всех возможностей сервиса GPS мониторинга транспорта. Альтернативой указанных датчиков может быть подключение к CAN-шине.

В сервисе ORF имеется уровни управления «машина–группа машин–автопарк» [4]. В соответствии с данными уровнями организуется доступ пользователей к осуществлению контроля автопарка, предполагающего просмотр онлайн информации GPS мониторинга (спутникового мониторинга) и отчетов.

Данная научная статья предназначена для специалистов, заинтересованных в решении практических задач, которые возникают в процессе эксплуатации машинотракторного парка сельскохозяйственных и других предприятий.

Основная часть. На рисунке 1 представлено современное оборудование инструментального offline/online контроля расхода топлива и выработки ресурса моторного масла колесного трактора.

Согласно рисунка 1, информация об уровне и запасе топлива в топливном баке поступает на соответствующие входы терминалов СКРТ-31 и СКРТ-45 от емкостного датчика DUT-E, а о количестве пусков двигателя, времени его работы и расходе топлива при работе в режимах пуска, холостого хода, номинальной работы и перегрузки – со счетчиков расходомера DFM 100СК [1, 2].

Информация о температуре и оборотах коленчатого вала ДВС поступает на соответствующие входы терминала GPS/ГЛОНАСС СКРТ-45 от штатного датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания и клеммы W генератора.

Координаты местоположения и текущее время, по которым определяются скорость, маршрут и время работы исследуемого объекта в режиме движения, определяются по сигналам «видимых» навигационных спутников группировки GPS/ГЛОНАСС принимаемых антенной GPS, подключенной к терминалу СКРТ-45 [5].

Беспроводная передача телематической информации в виде сформированных терминалом СКРТ-45 GPRS-отчетов на удаленную точку доступа (сервер телематических услуг и/или персональный компьютер) потребителя/оператора-исследователя производится через вторую антенну и сеть GSM. Накопленная информация за квартал или любой произвольно выбранный период (час, день, неделю и т.д.) может быть считана с сервера телематических услуг зарегистрированным пользователем по специальному паролю через интернет [1].

Телематическая система контроля расхода топлива и рабочих режимов силового агрегата начинает свою работу при включении бортовой сети трактора и пуске двигателя.

Датчик уровня топлива DUT-E определяет и передает терминалам СКРТ-31 и GPS/ГЛОНАСС СКРТ-45 информацию о запасе, повышении или снижении уровня топлива в баке (погрешность измерения составляет не более 1 %).

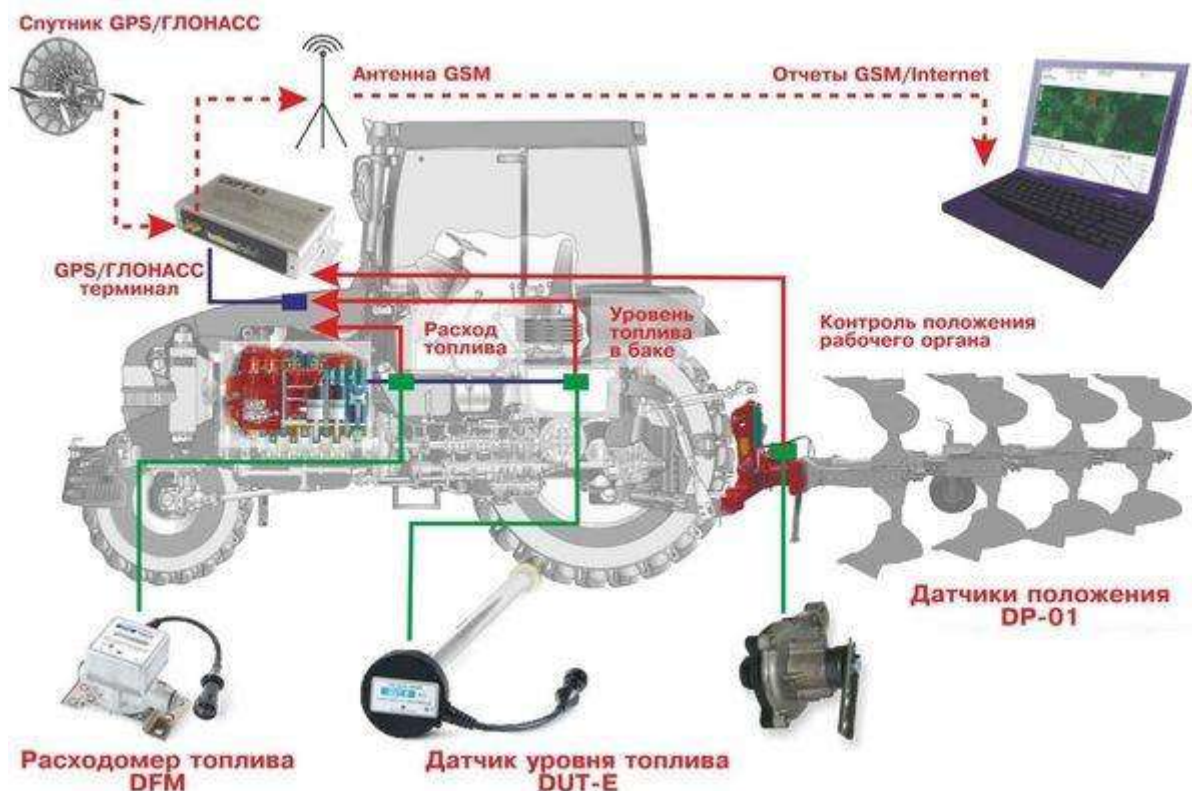


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема телематической системы контроля расхода топлива и выработки ресурса моторного масла и режимов работы трактора

Расходомер топлива DFM-100СК измеряет и передает параметры времени работы дизельного двигателя и расхода топлива при работе на различных режимах терминалам СКРТ-31 и GPS/ГЛОНАСС СКРТ-45, а также данные отображались на монитор-индикаторе (погрешность измерения составляет не более 1 %).

Терминал СКРТ-31 находился на панели приборов трактора и отображал текущую информацию на встроенном дисплее СКРТ-31 для визуального контроля оператором-исследователем и/или водителем и одновременно регистрировал текущие параметры времени работы и расхода топлива в различных режимах для послерейсового контроля и анализа [6].

Терминал GPS/ГЛОНАСС СКРТ-45 обеспечивает регистрацию текущих параметров в режиме реального времени с привязкой к координатам местоположения, определяемых спутниковой системой и передачу информации в виде телематических отчетов через сеть GSM на сервер телематических услуг и далее, через интернет, на персональный компьютер оператора-исследователя [7].

Обработка информации и формирование необходимых отчетов на сервере телематических услуг производится с использованием специального серверного компьютера ORF-MONITOR 2.

Были проведены испытания, на разных режимах работы контрольного учебного трактора Беларус-925 М принадлежащий УО «БГАТУ» и подконтрольного трактора Беларус-952, который находится в реальных условиях эксплуатации и принадлежащий СПК «Радонежское», оба трактора имеют двигатель Д-245.5S2. Была разработана схема соединений компонентов (рисунок 1).

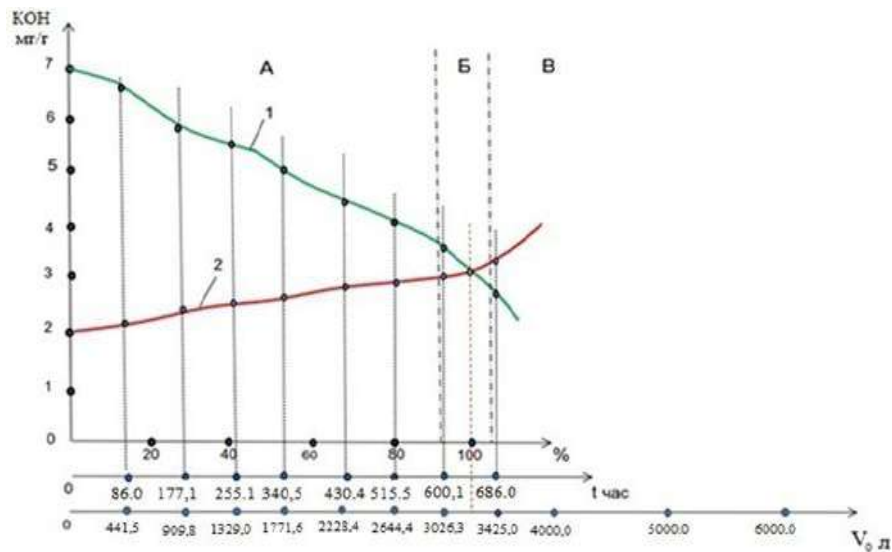
Для проведения испытаний учитывали показатели замены моторного масла, которые были прописаны в инструкции по эксплуатации [4], производиться через 250 часов работы двигателя [8]. Также учитывались прогнозы об изменении свойств моторного масла в зависимости как от времени, так и от режимов работы двигателя при учете значения щелочного и кислотного чисел свежего масла, поданного в двигатель. Для проведения лабораторных исследований был выполнен отбор проб моторного масла, согласно протоколу испытаний, объем которых составил 80 мл через

каждые 90 часов работы трактора. В ходе выполнения испытаний фиксировались время работы, величина общего расхода топлива и количество циклов «пуск–работа–останов двигателя» на момент взятия пробы. Материалы проб, для анализа, были представлены в ЦЗЛ Химико-технологическую лабораторию ОАО «Минский тракторный завод», где определялось щелочное и кислотное число каждой пробы, скорость изменения которых представляет собой один из основных показателей, отражающих сохранение качества и смазывающих свойств моторного масла в эксплуатационных условиях. У каждой взятой пробы масла щелочное и кислотное число сравнивались со щелочным и кислотным числом неиспользованного масла, после чего строилась графическая зависимость изменения темпа указанных показателей в ходе выполнения исследований (рисунок 2).

Данные испытания проб проводились на тракторах Беларус-925М и Беларус-952 (подконтрольный, находящийся в реальных условиях эксплуатации). Оба трактора оснащены аналогичными двигателями и проводились анализы результатов.

Результаты и их обсуждение. Были получены сводные отчеты по эксплуатации тракторов на разных режимах работы. Колесный трактор Беларус-925 отработал 93 дня (согласно протоколу испытания). В среднем в день производилось пять пусков двигателя и, как минимум, первый пуск – пуск непрогретого (до $+40^{\circ}\text{C}$) двигателя.

Так как трактор проработал 93 дня и в среднем выполнял 5 пусков двигателя, были рассчитаны показатели ($93 \cdot 5 = 465$) пусков двигателя, среди которых, как минимум, $m_1 = 93$ – не прогретого (до $+40^{\circ}\text{C}$), а прогретого (свыше $+40^{\circ}\text{C}$), соответственно, – $m_2 = 465 - 93 = 372$ пуска (согласно полученным отчетам исследования).



1 – щелочное число моторного масла; 2 – кислотное число моторного масла;

A – период работы моторного масла; B – диапазон замены масла; B – диапазон старения масла

Рисунок 2 – Математические результаты изменения во времени показателей моторного масла марки M14Г₂ в процессе работы

Проведен анализ графической зависимости, отражающий влияние температуры и оборотов коленчатого вала двигателя колесного трактора на часовой расход топлива за выполнение цикла «пуск–прогрев–работа–останов». На основании полученных результатов пришли к выводу, что прогрев двигателя (до $+40^{\circ}\text{C}$) в среднем занимает 15 минут (0,25 часа). Согласно сроку замены моторного масла, установленному производителем, через 250 часов работы двигателя, количество пусков двигателя составляет $(250:0,25) = 1000$. Таким образом, коэффициент определяющий выработку ресурса моторного масла равен: $k_1 = 0,001$ – при пуске непрогретого (до $+40^{\circ}\text{C}$) двигателя [9].

За 250 часов работы двигателя объем израсходованного масла при периодичности замены, регламентированной заводом-изготовителем, соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла (пороговое значение) определяется, как:

$$V_0 = \frac{Hp}{\rho} = \frac{19,44 \cdot 250}{0,84} = 5785,7 \text{ л}, \quad (1)$$

где H – часовой расход топлива, кг/ч;

p – периодичность замены масла в часах работы двигателя, регламентированная заводом-изготовителем, ч;

ρ – плотность используемого топлива, г/см³.

Полученная величина объема израсходованного масла заносилась в память бортового компьютера. Для двигателя Д-245.5S2, установленного на тракторе Беларус-952, часовой расход топлива составляет:

$$G = \frac{g_e N_e}{10^3} = \frac{240 \cdot 81}{1000} = 19,44 \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где g_e – эффективный удельный расход топлива, г/кВт·ч;

N_e – номинальная мощность двигателя, кВт.

При полной выработке ресурса моторного масла объем израсходованного двигателем топлива, согласно проведенным расчетам, составил – 3240 л.

На основании испытаний колесного трактора в эксплуатационных условиях установлено, что дать оценку степени выработки и определить остаточный ресурс моторного масла в эксплуатационных условиях можно не по времени работы, а используя комплексный показатель:

$$\Delta = \left(\frac{\sum_{h=1}^n V_h}{V_0} + n_1 \lambda_1 + n_2 \lambda_2 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{3240}{5785,7} + 93 \cdot 0,001 + 372 \cdot 0,0009 \right) \cdot 100\% = 100\%, \quad (3)$$

где V – объем израсходованного топлива при работе двигателя за цикл «пуск–работа–останов двигателя», л;

V_h – объем израсходованного топлива V за время работы двигателя при p -м цикле «пуск–работа–останов двигателя», л;

$h = 1, 2, \dots, n$ (n – количество циклов);

V_0 – объем израсходованного топлива при работе двигателя за 250 часов (периодичность замены масла в часах работы двигателя, регламентированная заводом-изготовителем), который соответствует предельной выработке ресурса моторного масла (пороговое значение определяется по формуле (1)), л;

n_1, n_2 – количество циклов пуска двигателя не прогретого (до +40 °С) и прогретого (свыше +40 °С), соответственно;

λ_1, λ_2 – коэффициенты выработки ресурса моторного масла при пуске двигателя не прогретого (до +40 °С) и прогретого (свыше +40 °С) соответственно.

Коэффициент $\lambda_2 = 0,0009$ – при пуске двигателя прогретого (свыше +40 °С) определен математически (формула (3)).

Показатель, найденный по формуле (3), учитывает общий расход топлива, который характеризует параметры температуры и рабочие режимы контролируемого объекта, а также количество циклов пуска двигателя [10].

В ходе выполнения исследований выявлен признак снижения качественных характеристик щелочного числа работающего моторного масла после наработки в реальных условиях эксплуатации трактора Беларус-952 более 600 часов (рисунок 2).

Заключение. Рассмотрен принцип работы телематической системы и получение информации об уровне и запасе топлива в топливном баке, рассмотрения расположения датчика уровня топлива, методы измерения и передачи параметров расхода топлива, а также времени работы сельскохозяйственного агрегата.

Благодаря данным технологиям, можно дать достоверную оценку выработки ресурса моторного масла по комплексному показателю, который учитывает общий объем израсходованного топлива при работе двигателя на различных режимах и количество циклов его пуска.

Согласно полученным результатам исследования, была выявлена величина предельной выработки ресурса моторного масла ($V_0 = 5785,7$ л) колесного трактора Беларус-952, находящегося в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Бондаренко, И. И. Бортовой мониторинг степени выработки ресурса моторного масла колесных и гусеничных машин / И. И. Бондаренко, Ю. Д. Карпиевич, Н. Г. Мальцев // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 10–14.
2. Бондаренко, И. И. Новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла / И. И. Бондаренко, Ю. Д. Карпиевич, Н. Г. Мальцев // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г.: в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Д. В. Капский [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 1. – С. 9–11.
3. Бондаренко, И. И. Диэлектрическая проницаемость как показатель степени выработки ресурса моторного масла / И. И. Бондаренко, Ю. Д. Карпиевич, Д. А. Русакевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 32–34.
4. Тракторы. Устройство. Техническое обслуживание. Ремонт. «БЕЛАРУС» серия 1000–2000: учебное пособие / А. А. Пуховой, И. Н. Шило. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2012. – 779 с.
5. Технические средства диагностирования: справочник / В. В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
6. Каба, И. В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей / И. В. Каба. – М.: Транспорт, 1980. – 247 с.
7. Волков, А. А. О методах идентификации и диагностики в сложных системах / А. А. Волков, Л. Н. Дроботенко // Вопросы технической диагностики. – 2013. – № 10. – С. 155–156.
8. Павлов, Б. В. Кибернетические методы технического диагноза / Б. В. Павлов. – М.: Машиностроение, 1986. – 151 с.
9. Мороз, С. М. Математическая модель объекта бортового контроля и диагностики автомобилей / С. М. Мороз // Тр. МАДИ, 1976. – Вып. 115. – С. 79–81.
10. Карпиевич, Ю. Д. Теоретические основы создания систем бортового диагностирования тормозов автомобилей: дис. ... д-ра техн. наук / Ю. Д. Карпиевич. – Минск, 2004. – 310 с.

References

1. Bondarenko, I. I. Bortovoj monitoring stepeni vyrabotki resursa motornogo masla kolesnyh i gusenichnyh mashin / I. I. Bondarenko, YU. D. Karpievich, N. G. Mal'cev // Nauka i tekhnika. – 2014. – № 4. – S. 10–14.
2. Bondarenko, I. I. Novyj metod bortovogo monitoringa stepeni vyrabotki resursa motornogo masla / I. I. Bondarenko, YU. D. Karpievich, N. G. Mal'cev // Avtomobile- i traktorostroenie: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Minsk, 14–18 maya 2018 g.: v 2 t. / Belarus. nac. tekhn. un – t; redkol.: D. V. Kapskij [i dr.]. – Minsk, 2018. – T. 1. – S. 9–11.
3. Bondarenko, I. I. Dielektricheskaya pronicaemost' kak pokazatel' stepeni vyrabotki resursa motornogo masla / I. I. Bondarenko, YU. D. Karpievich, D. A. Rusakevich // Agropanorama. – 2018. – № 6. – S. 32–34.
4. Traktory. Ustrojstvo. Tekhnicheskoe obsluzhivanie. Remont. «BELARUS» seriya 1000–2000: uchebnoe posobie / A. A. Puhovoj, I. N. SHilo. – Astana: KATU im. S. Sejfullina, 2012. – 779 s.
5. Tekhnicheskie sredstva diagnostirovaniya: spravochnik / V. V. Klyuev [i dr.]; pod obshch. red. V. V. Klyueva. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 672 s.
6. Kaba, I. V. Diagnostika aviacionnyh gazoturbinnnyh dvigatelej / I. V. Kaba. – M.: Transport, 1980. – 247 s.
7. Volkov, A. A. O metodah identifikacii i diagnostiki v slozhnyh sistemah / A. A. Volkov, L. N. Drobotenko // Voprosy tekhnicheskoy diagnostiki. – 2013. – № 10. – S. 155–156.
8. Pavlov, B. V. Kiberneticheskie metody tekhnicheskogo diagnoza / B. V. Pavlov. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 151 s.
9. Moroz, S. M. Matematicheskaya model' ob"ekta bortovogo kontrolya i diagnostiki avtomobilej / S. M. Moroz // Tr. MADI, 1976. – Vyp. 115. – S. 79–81.

10. Karpievich, YU. D. Teoreticheskie osnovy sozdaniya sistem bortovogo diagnostirovaniya tormozov avtomobilej: dis. ... d-ra tekhn. nauk / YU. D. Karpievich. – Minsk, 2004. – 310 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Бондаренко Ирина Иосифовна – кандидат технических наук, доцент, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, e-mail: irina-mi-k@yandex.ru.

Михалков Виктор Владимирович – старший преподаватель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, e-mail: viktor-mihalkov@mail.ru.

Сергеев Кирилл Леонидович – старший преподаватель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, e-mail: 13nuke@mail.ru.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, e-mail: rodionow.u.w@ramber.ru.

Никитин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Скоморохова Анастасия Игоревна - магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, e-mail: nasta373@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Bondarenko Irina Iosifovna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, EE "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, e-mail: irina-mi-k@yandex.ru.

Mikhalkov Viktor Vladimirovich - Senior Lecturer, EE "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, e-mail: viktor-mihalkov@mail.ru.

Sergeev Kirill Leonidovich - Senior Lecturer, EE "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, e-mail: 13nuke@mail.ru.

Rodionov Yuri Viktorovich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, e-mail: rodionow.u.w@ramber.ru.

Nikitin Dmitry Vyacheslavovich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Skomorokhova Anastasia Igorevna - Master's student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tambov State Technical University", Tambov, e-mail: nasta373@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 01.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 631.1:332.1

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-83-89

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБАЙНОВ В ЗЕРНОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

¹Зазуля Александр Николаевич

²Гаспарян Светлана Валентиновна

²Макарова Ольга Владимировна

²Хрипин Владимир Александрович

³Борычев Сергей Николаевич

³Макаров Валентин Алексеевич

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

²Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний России

³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева