

УДК 629.113-592.004.58

БОРТОВОЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Ю.Д. Карпиевич,

профессор каф. автомобилей БНТУ, докт. техн. наук, доцент

В статье разработаны принципы построения и функционирования микропроцессорной системы и рассмотрены методы бортового мониторинга технического состояния двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, моторное масло, ресурс, бортовой мониторинг.

The principles of construction and functioning of a microprocessor system and methods of on-board monitoring of the technical state of an internal combustion engine are considered in the article.

Keywords: internal combustion engine, engine oil, resource, on-board monitoring.

Введение

Важнейшими задачами, стоящими перед автотракторной промышленностью Республики Беларусь, являются – снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт, повышение технического уровня, долговечности и эксплуатационной надежности колесных тракторов.

Повышение эксплуатационной надежности колесных тракторов, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт возможны только при своевременном и объективном определении их технического состояния [1].

Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности колесных тракторов является диагностирование их технического состояния [2].

Удельная трудоемкость диагностирования силовых агрегатов колесных тракторов сравнительно большая, что является следствием как низкой контролепригодности, так и несовершенства существующих методов и средств. [3]

Сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить поддержание требуемого уровня технического состояния колесных тракторов, так как не учитывает индивидуальные особенности каждого трактора, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия. Внешние средства диагностирования при их эпизодическом использовании также не позволяют своевременно выявлять постепенные и внезапные отказы. [4]

Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало разработку бортовых систем диагностирования колесных тракторов [5].

Сложность задачи контроля степени выработки ресурса колесного трактора заключается в разработке методов бортового диагностирования двигателя внутреннего сгорания. В настоящее время в литературе отсут-

ствует подробное описание таких методов, так как сведения о них носят фрагментарный характер [6].

Данная статья посвящена контролю степени выработки ресурса колесного трактора на основе микропроцессорной системы бортового диагностирования двигателя внутреннего сгорания, что делает исследование востребованным и актуальным.

Основная часть

Общая структурная схема микропроцессорной системы бортового диагностирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания приведена на рисунке 1. Она является составной частью (модулем) комплексной управляющей, диагностической и информационной системы колесных тракторов [7]. Такой концептуальный подход к общей структуре комплексной системы позволит при ее проектировании использовать модульный принцип построения системы, что не является предметом рассмотрения в данной работе. Ядром системы (рис. 1) является микроЭВМ.

Источник питания преобразует напряжение аккумуляторной батареи в напряжение +5В, необходимое для работы микроЭВМ.

Вводом – выводом называется схема, управляющая приемом – передачей данных от датчиков диагностирования по командам центрального процессора.

Для связи микроЭВМ с объектом диагностирования применяют устройство сопряжения, предназначенное для предварительной фильтрации входных информационных сигналов и приведение их в стандартную для микроЭВМ форму.

Устройство отображения информации (дисплей) служит для индифицирования наличия типовых неисправностей силового агрегата.

Получение необходимой информации для определения технического состояния силового агрегата производится при помощи датчиков диагностирования.

Терминал GPS/ГЛОНАСС – это устройство навигации и передачи информации на основе применения

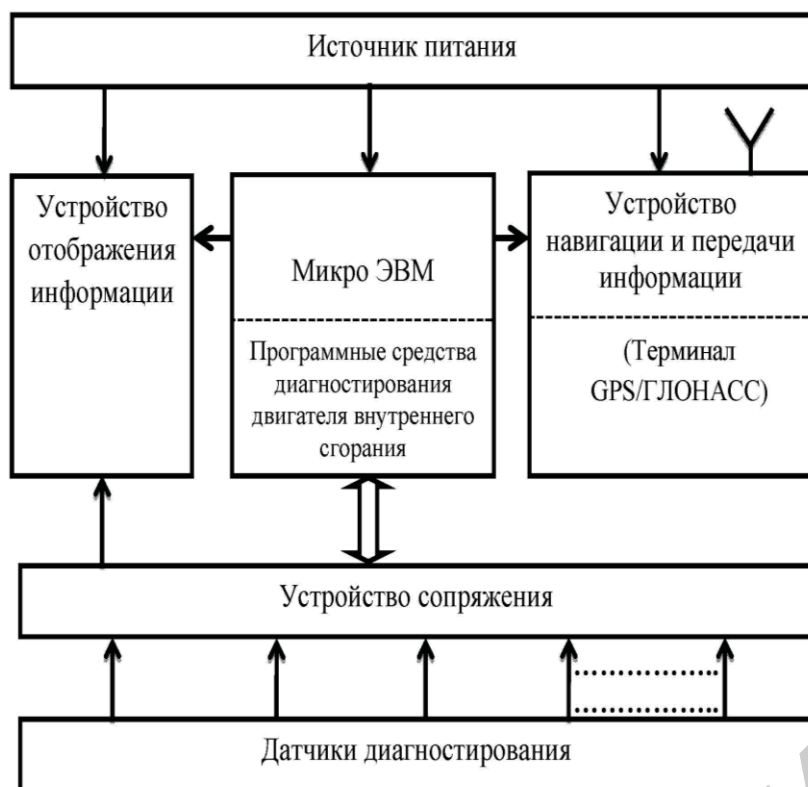


Рисунок 1. Структурная схема микропроцессорной системы бортового диагностирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания

современных технологий спутникового мониторинга транспорта.

Практика показывает, что считывание информационных сигналов должно проводиться с частотой не менее 2 кГц, в противном случае диагностические параметры претерпевают значительные изменения, а это может привести к постановке ошибочного диагноза системой диагностирования [8].

Процедура бортового диагностирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания заключается в следующем.

В ходе диагностирования микропроцессорная система реализует некоторый алгоритм (рис. 2), представляющий собой опрос датчиков диагностирования и сравнение полученных значений информационных сигналов с константами технически исправного двигателя внутреннего сгорания, занесенными в память микро ЭВМ, а также правил последовательности выполнения и анализа этих проверок. Если в результате обработки полученной информации К-й элемент оказывается неисправным, то признаку неисправности ПН (m) присваивается необходимое значение и формируется соответствующее диагностическое сообщение.

Требования к повышению безопасности колесных тракторов посредством предупреждения отказов и устранения последствий этих отказов, радикально-

му уменьшению времени поиска неисправностей обуславливают необходимость применения в процессе бортового диагностирования двигателей внутреннего сгорания информационных технологий. Это позволит повысить показатели безопасности колесных тракторов, снизить продолжительность работ, трудовые и материальные затраты при техническом обслуживании и ремонте.

Диагностирование температурного режима двигателя начинается с проверки выражения

$$T_{\text{дв}} = T_{\text{дв.ном}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{дв}}$ – текущее значение информационного сигнала температуры охлаждающей жидкости двигателя;

$T_{\text{дв.ном}}$ – значение информационного сигнала, соответствующего номинальной температуре охлаждающей жидкости двигателя.

Если выражение (1) не выполняется, то проводится локализация неисправности, предусматривающая следующую проверку:

$$T_{\text{дв}} > T_{\text{дв.ном}}, \quad (2)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «перегрев двигателя».

Диагностирование уровня давления масла в системе смазки двигателя начинается с проверки выражения

$$P_{\text{дв}} = P_{\text{дв.ном}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{дв}}$ – текущее значение информационного сигнала давления масла в системе смазки двигателя;

$P_{\text{дв.ном}}$ – значение информационного сигнала, соответствующего номинальному давлению масла в системе смазки двигателя.

Если выражение (3) не выполняется, то проводится локализация неисправности, предусматривающая следующую проверку:

$$P_{\text{дв}} < P_{\text{дв.ном}}, \quad (4)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «аварийное давление масла в системе смазки».

При разработке метода бортового диагностирования степени выработки ресурса моторного масла исходили из нижеследующего.

Качество масла ухудшается в результате накопления в нем продуктов неполного сгорания топлива, что обусловлено техническим состоянием двигателя. Это приводит к снижению вязкости, ухудшению сма-

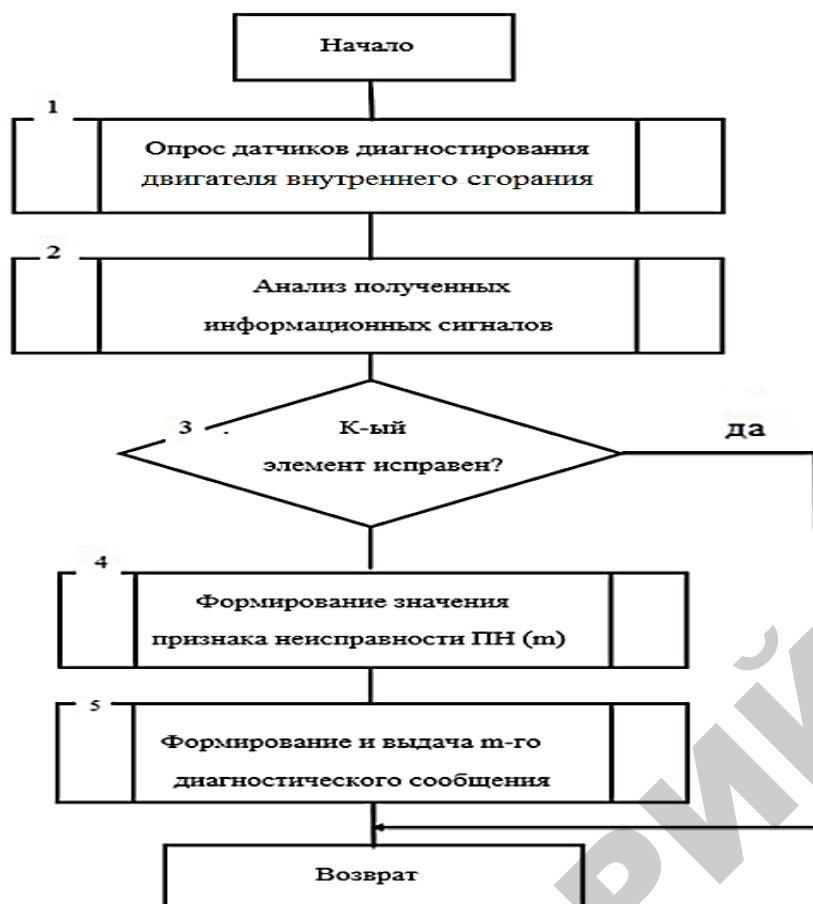


Рисунок 2. Укрупненная блок-схема алгоритма бортового диагностирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания

зывающей способности, нарушениям режима жидкого трения.

Срок службы моторных масел до замены определяется не только наработкой трактора, но и временем, в течение которого совершена эта работа. При малой годовой наработке трактора ускоряются коррозионные процессы, ухудшаются защитные свойства, ускоряется старение масла. Поэтому в любом случае необходима замена масла не реже одного раза в год.

Рассмотрим подробнее этот аспект диагностики.

Обычно изготовитель двигателя в руководстве по эксплуатации устанавливает наработку двигателя в часах, после чего масло должно быть заменено свежим. При этом изготовители двигателей исходят из средних статистических данных по выработке ресурса масла в различных условиях эксплуатации и при техническом состоянии двигателя, близком к предельному (перед постановкой на ремонт). При фиксированной наработке до смены масла в новых двигателях и двигателях, работающих в более благоприятных условиях, смена масла происходит преждевременно, с невыработанным полностью ресурсом. В то же вре-

мя, в некоторых двигателях (чаще из-за неполадок в системах охлаждения и топливоподдачи) масло становится неработоспособным до того как оно должно быть заменено по инструкции.

Лабораторные и эксплуатационные испытания подтверждают, что между суммарным объемом израсходованного двигателем топлива и уровнем загрязнения, при котором он в состоянии продолжать нормально работать, существует положительное соотношение. Масло имеет ограничения на количество загрязнений, которое оно может поглотить без нарушения своих свойств. Соотношение между суммарным объемом израсходованного двигателем топлива и загрязнением масла является критерием для выбора интервала замены масла.

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования степени выработки ресурса моторного масла. Предлагаемый метод отличается от традиционного, основанного на часах работы двигателя [9-13].

Степень выработки ресурса моторного масла определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \left(\frac{\sum_{p=1}^n V_p}{V_0} + m_1 \cdot \kappa_1 + m_2 \cdot \kappa_2 \right) \cdot 100\% , \quad (5)$$

где V – объем израсходованного двигателем топлива за цикл «пуск – работа – остановка двигателя»;

$p = 1, 2, \dots, n$, n – количество циклов;

V_0 – объем израсходованного двигателем топлива в литрах, соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла;

m_1, m_2 – количество циклов пуска двигателя не прогретого (до +40 °С) и прогретого (свыше +40 °С) соответственно;

κ_1, κ_2 – коэффициенты выработки ресурса моторного масла при пуске двигателя не прогретого (до +40 °С) и прогретого (свыше +40 °С) соответственно.

Суммарный объем израсходованного двигателем топлива, соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла, можно рассчитать по формуле:

$$V_0 = \frac{G \cdot t}{\rho}, \quad (6)$$

где G – часовой расход топлива, кг/ч;
 t – периодичность замены масла в часах работы двигателя, установленная заводом-изготовителем, ч;
 ρ – плотность топлива, г/см³.

Часовой расход топлива определяется по формуле:

$$G = \frac{g_e \cdot N_e}{10^3}, \quad (7)$$

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

N_e – номинальная мощность, кВт.

Величина эффективного удельного расхода топлива и эффективной мощности указываются в техническом паспорте двигателя.

Из формулы (5) видно, что степень выработки ресурса моторного масла можно определить после каждой остановки двигателя.

Таким образом, использование суммарного объема израсходованного топлива двигателем при определении степени выработки ресурса моторного масла позволит оперативно, в любой период эксплуатации колесного трактора определять остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

Заключение

1. Разработаны принципы построения и функционирования микропроцессорной системы бортового диагностирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания.

2. Разработаны методы бортового диагностирования технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Метод определения степени выработки ресурса моторного масла по относительным показателям, учитывающим суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах и количество циклов пуска двигателя, отличающийся от аналога, основанного на часах работы двигателя, обеспечит более объективную оценку, так как учитывает фактические условия эксплуатации колесного трактора в каждом цикле «пуск – работа – остановка двигателя».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прогнозирование надежности тракторов / В.Я. Анилович [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.: ил.

2. Конструкция тракторов и автомобилей: пособие / И.Н. Шило, А.И. Бобровник, В.Е. Тарасенко, В.Г. Левков. – Минск: БГАТУ, 2012. – 816 с.

3. Трактор «БЕЛАРУС». Руководство по эксплуатации: справочник. – Минск, 2009. – 269 с.

4. Гируцкий, О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский-Лашков, Д.Г. Поляк. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.: ил.

5. Гаскаров, Д.В. Интеллектуальные информационные системы, Д.В. Гаскаров. – М: Высш. шк., 2003. – 431 с.: ил.

6. Маханьков, О.А. Разработка методов диагностирования микропроцессорной системы автоматического управления механической трансмиссией: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / О.А. Маханьков. – Минск, 1992. – 278 л.

7. Карпиевич, Ю.Д. Теоретические основы создания систем бортового диагностирования тормозов автомобилей: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03 / Ю.Д. Карпиевич. – Минск, 2004. – 310 л.

8. Гольденберг, Л.М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л.М. Гольденберг. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.

9. Карпиевич, Ю.Д. Бортовой мониторинг степени выработки ресурса моторного масла колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич, Н.Г. Мальцев, И.И. Бондаренко // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 10-14.

10. Карпиевич, Ю.Д. Бортовой мониторинг технического состояния силовых агрегатов колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич, А.Г. Баханович, И.И. Бондаренко // Наука и техника. – 2016. – Т. 15. – № 5. – С. 427-434.

11. Карпиевич, Ю. Д. Бортовой мониторинг выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, С.В. Занемонский // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 22 – 24 ноября 2017 г. / Беларус. гос. аграрн. техн. ун-т; редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск, 2017. – С. 296-298.

12. Карпиевич, Ю.Д. Новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Н.Г. Мальцев // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 – 18 мая 2018 г.: в 2 т. / Беларус. Нац. техн. ун-т; редкол.: Д.В. Капский [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 1. – С. 9-11.

13. Диэлектрическая проницаемость как показатель степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, М.А. Каптур, Н. Н. Казеко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21– 23 ноября 2018 г. / Беларус. гос. агр. техн. ун-т; редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск, 2018. – С. 260-263.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.09.2020