

Разработка оптико-электронного устройства для анализа загрязнённости моторного масла двигателя внутреннего сгорания дисперсными частицами

Ю. Г. Асцатуров, В.В. Семенов, Ю.Б. Ханжонков

В процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей можно, в значительной степени, снизить затраты на ремонтные работы и простои, и предотвратить аварийные ситуации, путем осуществления постоянного контроля состояния фрикционных узлов и своевременно проводя работы по продлению их ресурса. Такой контроль узлов ДВС без их разборки можно осуществлять, анализируя свойства и состав моторных масел, т.е. проводя их непрерывный трибомониторинг [1 - 3].

В последние годы определилась тенденция создания трибомониторинговых систем нового поколения. Они позволяют вести комплексный непрерывный мониторинг в режиме реального времени для чего машины оснащают средствами встроенного (бортового) контроля трибоузлов с помощью датчиков, анализирующих количественный и качественный состав и размеры частиц износа, выделяемых в потоке масла. Такая методика относится к передовому подходу обслуживания оборудования - «обслуживание по его фактическому состоянию». При этом система технического сервиса оборудования ориентируется на проведение ремонтных работ не через заранее запланированные интервалы времени, а по мере необходимости, в соответствии с его техническим состоянием. Как известно, такой подход позволяет снизить затраты на обслуживание до 70 %, устранить отказы и простои оборудования, значительно сократить издержки на запасные части. Применение таких мониторинговых систем нового поколения является особенно актуальным на фоне продолжающегося старения основных производственных фондов в России, что требует

значительных средств для поддержания их работоспособности традиционными способами [4 - 10].

Фрикционные узлы и система смазки ДВС подвергаются наиболее агрессивным воздействиям по сравнению с большинством других трибосистем. Для мониторинга загрязнения масла в такой трибосистеме следует контролировать:

- уровень продуктов износа смазываемых фрикционных поверхностей;
- топливное загрязнение (растворением);
- загрязнение за счет утечки хладагента;
- загрязнение за счет чрезмерного накопления сажи;
- проникновение загрязнений извне, определяемое повышенным уровнем кремния в используемом масле;
- количество конденсирующейся в масляной системе воды;
- изменение основных характеристик масла за счет окисления, старения, взаимодействия с водой и других факторов [1, 6, 7, 11].

По ГОСТ 10541-78 содержание механических примесей в чистых моторных маслах должно быть не выше 0,015%. Предельным показателем содержания механических примесей в работающих маслах являются значения от 1 до 3% в зависимости от типа двигателя.

Известно [11, 12], что с увеличением срока эксплуатации масла, в нём увеличивается количество механических примесей, в том числе взвешенных частиц металлической (продукты износа деталей цилиндропоршневой группы) и угарной (нерастворимые продукты окисления) природы. При этом частицы угарной природы распределены в слое масла равномерно, а частицы металлической природы, как частицы с большей плотностью, распределены в основном в нижних слоях масла в картере при выключенном двигателе.

Способы анализа загрязнений масел могут быть основаны на различных методах: виброакустическом, электрическом, оптическом, спектральном и др.[1, 13 - 15]. Однако эти способы и устройства, их реализующие, обладают определенными недостатками, в частности,

недостаточной информативностью. Авторами разработан эффективный способ анализа моторных масел, позволяющий проводить интегральную оценку того, является ли загрязнение масла результатом износа деталей двигателя с образованием в масле металлических частиц или же оно носит характер старения масла с образованием в нём угарных частиц [16].

Принцип предлагаемого технического решения поясняется с помощью структурной схемы устройства для определения параметров дисперсных частиц, находящихся в масле картера двигателя, реализующего данный способ. Устройство представлено на рис.1.

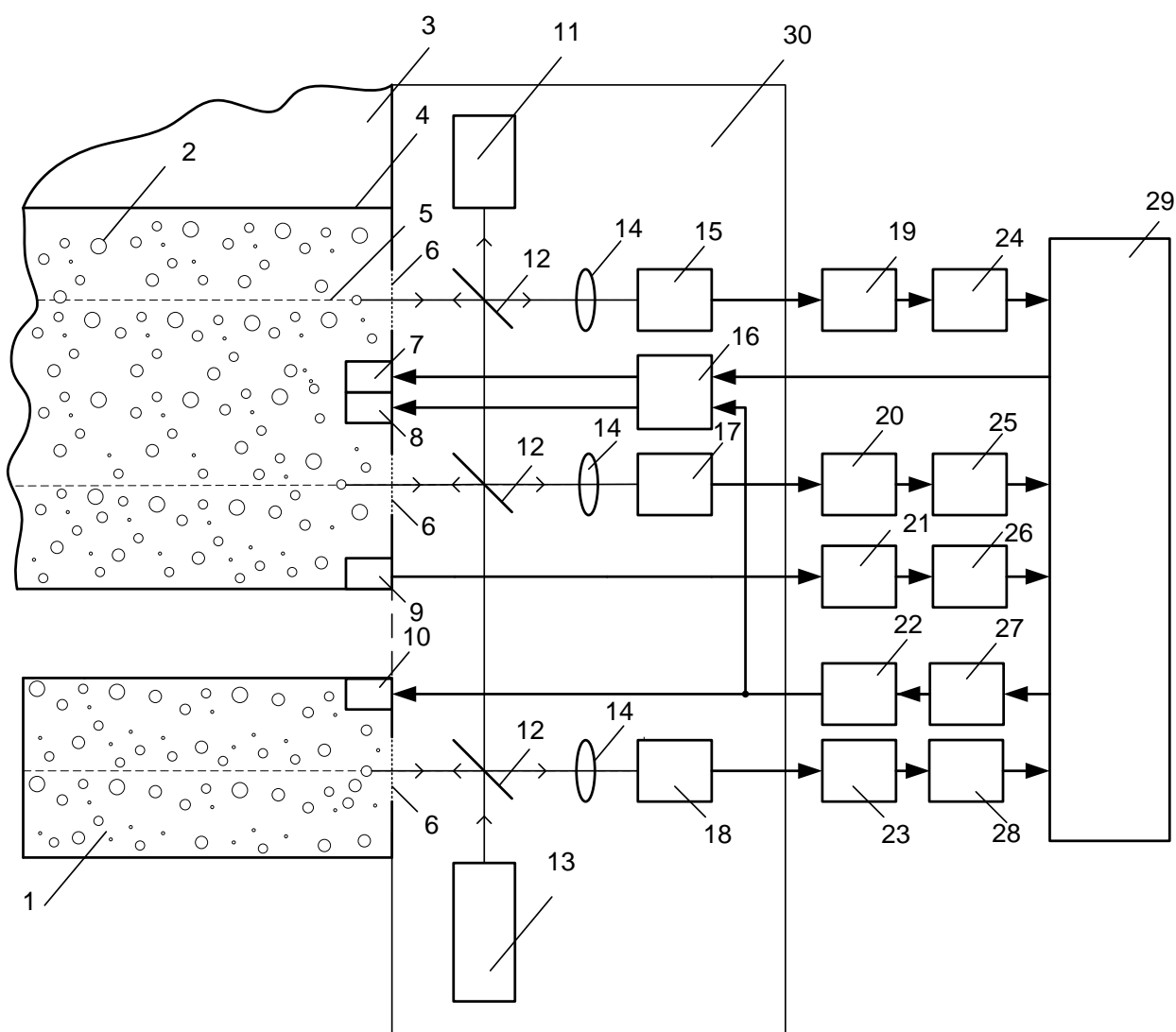


Рис. 1. - Структурная схема устройства для определения параметров дисперсных частиц

Устройство, реализующее предложенный способ, формирует три измерительных канала: эталонный канал – в кювете с чистым маслом 1; измерительный канал контроля угарных частиц, расположенный ниже верхнего уровня масла 4 на высоте минимального уровня масла 5 в картере двигателя 3; измерительный канал контроля металлических частиц, расположенный внизу масляного поддона картера двигателя. Устройство содержит эталонную кювету с чистым маслом 1; лазер 13 в качестве источника зондирующего излучения; смотровые окна 6; светоделители (полупрозрачные зеркала) 12; световую ловушку 11; объективы 14; фотоприёмники 15, 17, 18; датчик температуры 9; ультразвуковой излучатель канала контроля угарных частиц 7; ультразвуковой излучатель канала контроля металлических частиц 8; ультразвуковой излучатель эталонного канала 10; усилители 19, 20, 21, 23; аналого-цифровые преобразователи 24, 25, 26, 28; цифроаналоговый преобразователь 27; генератор ультразвуковых колебаний 22; коммутатор 16; электронно-вычислительную машину 29. Оптическая часть устройства помещена в корпус 30, защищенный от посторонней засветки и от попадания пыли и влаги.

Устройство функционирует следующим образом. Исследуемая дисперсная система 2 контактирует с зондирующим излучением с длиной волны λ , которое генерируется лазером 13 и ультразвуковыми колебаниями, формируемыми излучателями ультразвуковых колебаний 7, 8, 10, соответственно, в измерительных каналах контроля: угарных частиц, металлических частиц и в эталонном. Через светоделители 12 зондирующее излучение через смотровые окна 6 подводится к дисперсионной среде (сплошной фазе) 2. При прохождении этой волны через исследуемую дисперсную систему происходит рассеяние, отражение и поглощение излучения. Рассеянное и отраженное (под малыми углами относительно направления распространения) от дисперсных частиц 2 излучение проходит через смотровые окна 6 и попадает на светоделители 12, которые направляют его на объективы 14. Объективы 14 проецируют излучение непосредственно

на фотоприёмники 15, 17, 18, соответственно, измерительных каналов контроля угарных частиц, металлических частиц и эталонного канала. Далее аналоговый сигнал с фотоприёмников усиливается в усилителях 19, 20, 23 и преобразуется к цифровому виду при помощи аналого-цифровых преобразователей 24, 25, 28, и поступает для дальнейшей обработки и регистрации на ЭВМ 29. Для контроля изменения температуры масла в картере двигателя внутреннего сгорания введен датчик температуры 9, информация с которого через усилитель 21 и АЦП 26 так же поступает в ЭВМ 29. ЭВМ координирует работу всех узлов системы. Она управляет процессом оцифровки сигнала с фотоприёмников и датчика температуры посредством аналого-цифровых преобразователей 24, 25, 26, 28; управляет работой ультразвукового генератора 22 через цифроаналоговый преобразователь 27 и коммутатор 16, обрабатывает и регистрирует результаты измерений. ЭВМ, используя математическую модель оптимального взаимодействия ультразвуковых колебаний с дисперсными частицами, рассчитывает параметры воздействующих импульсов таким образом, чтобы колебания поверхности дисперсной частицы происходили по гармоническому закону с собственной частотой f_n . При этом учитывается температура дисперсной системы и характерное время затухания колебаний дисперсных частиц за счет вязких сил.

Устройство начинает функционировать в момент включения зажигания. Его работа делится на три периода: период старта, период разогрева двигателя, период нормальной эксплуатации двигателя при рабочей температуре.

В первом периоде при включении зажигания в зависимости от температуры масла выбирается частота ультразвуковых излучателей, затем попеременно проводится опрос измерительных каналов: эталонного канала – канала контроля металлических частиц и эталонного канала – канала контроля угарных частиц для выявления процентного содержания угарных и металлических частиц.

При разогреве двигателя, в зависимости от температуры масла меняется частота ультразвуковых колебаний, затем, как и в первом периоде, попеременно проводится опрос измерительных каналов: эталонного канала – канала контроля металлических частиц и эталонного канала – канала контроля угарных частиц для выявления процентного содержания угарных и металлических частиц.

На третьем отрезке времени в зависимости от температуры масла устанавливается частота ультразвуковых излучателей, и затем попеременно проводится опрос измерительных каналов: эталонного канала – канала контроля металлических частиц и эталонного канала – канал контроля угарных частиц для фиксации резкого увеличения процентного содержания угарных и металлических частиц в моторном масле.

Кроме этого, постоянно проводится контроль соотношений между усредненными сигналами эталонного канала и канала контроля металлических частиц, и сигналами эталонного канала и канала контроля угарных частиц для определения интегрального показателя загрязненности моторного масла в соответствии с существующими стандартами.

Таким образом, рассмотренное оптико-электронное устройство, позволяет существенно повысить информативность данных для оценки концентрации взвешенных металлических и угарных дисперсных частиц, находящихся в масле, и в частности, дает возможность контролировать качество работы двигателя, оставшийся ресурс работы масла до его замены. Данное устройство может быть использовано не только при эксплуатации ДВС, но и на стадии их испытаний.

Литература:

1. Хулла, В.Д. Электрохимический трибомониторинг [Текст]: Монография /В.Д. Хулла. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. Регион», 2006. – 184 с.

2. Ступин, В.Е. Тенденции интеграции радиотехнических и мехатронных средств [Электронный ресурс]// «Инженерный вестник Дона. Научные исследования и разработки», 2007. - №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007/39> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Семенов В.В., Асцатуров Ю.Г., Ханжонков Ю.Б. Совершенствование устройств для трибомониторинга узлов машин и механизмов с применением оптоэлектроники [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013. - №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1541> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. Voynov K.N., Shwarts M.A., Belyh V.V. Prognostication and estimation of the residual period of operation for pair of friction. In Zakopane, International conf. KONMOT, vol.2, Poland. 21-30.09.2004, pp. 651-656.

5. Кукоз В.Ф., Шкрет Л.Я., Подгайный Н.Г., Балакай В.И. Экспресс-оценка эксплуатационных свойств моторного масла [Текст] // Проблемы исследования и проектирования машин: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., г. Пенза, 28-29 ноября 2006 г. – Пенза: Изд-во АНОО «Приволжский Дом знаний».– С. 180-183.

6. Кукоз В.Ф., Шкрет Л.Я., Мамаев Н.М. Условия работы и качество моторного масла [Текст] // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2005. – Спецвыпуск: Проблемы электрохимии. – С. 109-110.

7. Хулла В.Д., Кукоз В.Ф., Подгайный Н.Г., Хулла М.В. Технические смазочные масла – объект электрохимического трибомониторинга [Текст] //Динамика технологических систем: тр. Междунар. науч.-техн. конф./Донск. гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д, 2007. – С. 46-50.

8. Способ контроля технического состояния машин и механизмов [Текст] : пат. 2310187 Рос. Федерация : МПК G01N 15/06 /Хулла В.Д., Кукоз Ф.И., Хулла М.В., Кукоз В.Ф.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет

(Новочеркасский политехнический институт)». – № 2006116805/28 ; заявл. 16.05.06 ; опубл. 10.11.07, Бюл. № 31.

9. Кукоз В.Ф., Хулла В.Д., Тарасов А.В., Подгайный Н.Г. Экспресс-метод оценки работоспособности моторных масел [Текст] //Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2007. – №3. – С. 75-76.

10. Хулла В.Д., Кукоз В.Ф., Подгайный Н.Г., Тарасов А.В. Экспресс-трибомониторинг технического состояния машин и механизмов [Текст] //Вестник РГУПС. Ростов н/Д. 2007. – № 4. – С. 10-14.

11. Корнеев, С.В. Критерии работоспособности моторных масел [Текст] //Строительно-дорожные машины. – 2004. – № 4. – С. 28-29.

12. Гармаш С.Н., Решенкин А.С. Новый принцип контроля состояния автомобильных масел в процессе эксплуатации [Текст] //Автомобильная промышленность. – 2005. – № 9. – С. 30-32.

13. Ермаков, О.Н. Прикладная оптоэлектроника [Текст] / О.Н. Ермаков. – Москва: Техносфера, 2004 – 416 с.

14. Семенов В.В., Ханжонков Ю.Б., Асцатуров Ю.Г. Оценка потенциальной опасности возникновения поллинозов телевизионным анализатором аэрозолей [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012.- №4 (часть 1). Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1278> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

15. Dickey F.M., Holswade S.C., Hornak L.A., Brown K.S. OPTICAL METHODS FOR MICROMACHINE MONITORING AND FEEDBACK. Sensors and Actuators A: Physical. 1999. Т. 78. № 2-3. pp. 220-235.

16. Способ анализа загрязненности моторного масла двигателя внутреннего сгорания дисперсными частицами [Текст] : пат. № 2498269 Рос. Федерация: МПК G01N15/02 / Семенов В.В., Ханжонков Ю.Б., Асцатуров Ю.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса». – № 2012115075/28; заявл. 16.04.12; опубл. 10.11.13, Бюл. № 31.