

Важно отметить, что более осторожные подходы следует использовать при оптимизации инфраструктуры сервиса, если необходимо учитывать выполнение требований временных параметров услуг. Это объясняется тем, что практически во всех подобных ситуациях (которые ориентированы на высокое качество услуги) существует пороговый уровень распределения ресурсов, за которым прибыль становится минимальной и даже исчезает.

#### **Список использованных источников**

1. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Оптимизация полнокомплектного резерва машин для обеспечения эксплуатационной надежности технических систем. Изобретатель №1 (237), 2020. Международный научно-практический журнал. – Минск, 2020. С. 14–23.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
3. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2014. – 228 с.

**УДК 631.114**

### **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ В ПРОБАХ РАБОТАВШЕГО МОТОРНОГО МАСЛА**

*Аспирант – Кулеш И.Л., ФТС*

*Научный*

*руководитель – Сай А.К., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Описаны устройство и принцип действия оборудования, применяемого при различных методах контроля моторного масла.

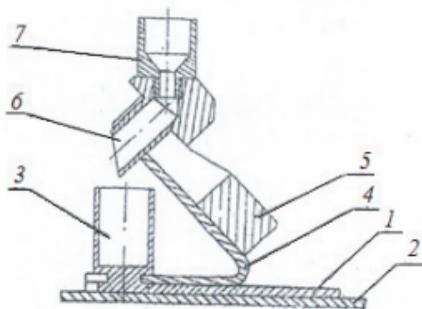
**Ключевые слова:** ферромагнитные частицы, световой поток, магнитная сепарация, магнитный щуп.

Для обеспечения требуемой надежности механических систем необходим правильный выбор смазочных масел и износостойких материалов в соответствии с условиями их работы и режимами смазки. Для обеспечения износостойкости и приспособляемости материалов пары трения большое значение имеет смазочный материал, влияние которого сказывается на рельефе, структуре и механических свойствах поверхностного слоя при изнашивании. В процессе эксплуатации механических систем

смазочный материал подвергается старению, что приводит к изменению его свойств. Влияние процессов старения на долговечность сопряжений изучено недостаточно [1].

Известно, что смазочный материал предотвращает непосредственный контакт металлических поверхностей, охлаждает их и уносит продукты износа и окисления. Кроме того, материал вступает во взаимодействие с металлами и существенно изменяет механические свойства, износостойкость и усталостную прочность поверхностных слоев.

Более сложные процессы, зависящие от условий работы, происходят при изнашивании деталей двигателей внутреннего сгорания. Из внешних факторов наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывают абразивные частицы и температуры в зоне фрикционного контакта. Неблагоприятные условия трения в цилиндре двигателя возникают при реверсировании в зонах минимальных скоростей движения поршня, особенно, у камеры сгорания, где температура поверхностей трения цилиндра и колец достигает 350 °С, максимальное давление 6...16 МПа. Минимальная толщина масляной пленки, которая дополнительно разжижается рабочей смесью, выгорает в период воспламенения и выдувается из-под верхних колец в момент такта сжатия [6]. Поэтому возле мертвых точек всегда наблюдается полное разрушение масляной пленки.



1 – направляющая; 2 – основание; 3 – стакан; 4 – кронштейн; 5 – магнит;  
6 – патрубок; 7 – емкость наливная

Рисунок 1 – Устройство ферромагнитного сепаратора

Основные виды изнашивания цилиндропоршневой группы – абразивное, усталостное и окислительное. На интенсивность коррозионно-механического изнашивания оказывают влияние продукты сгорания топлива, особенно соединения серы и ванадия. Это приводит к изменению механических свойств поверхностных слоев материалов, их охрупчива-

нию и отделению частиц в результате фрикционного взаимодействия. На интенсивность изнашивания, кроме условий работы, оказывают влияние конструктивные особенности деталей, физико-механические свойства металла, качество поверхностей трения и свойства масел. Исследование этих факторов направлено на повышение ресурса сопряжений цилиндропоршневой группы [2].

Для контроля концентрации продуктов износа в моторных маслах. Для реализации данной технологии можно использовать следующий метод контроля. Он предполагает применение фотометрического устройства и магнитного сепаратора.

Конструкция магнитного сепаратора представлена на рисунок 1 и включает направляющую 1, установленную на основании 2, выполненную с пазом для фиксации стакана 3. На направляющей 1 установлен кронштейн 4, на котором закреплен постоянный магнит 5 и полый патрубок 6 с фланцем и наливной емкостью 7. Работа сепаратора заключается в пропуске подогретого моторного масла через патрубок, установленный в магнитном поле, в результате чего ферромагнитные частицы задерживаются. Концентрацию ферромагнитных частиц  $C_m$  определяют фотометрированием масла до и после магнитной сепарации по формуле 1.

$$C_m = \frac{K_n - K_{нмс}}{K_n} 100\%, \quad (1)$$

где  $K_n$  – коэффициент поглощения светового потока масла до магнитной сепарации;  $K_{нмс}$  – коэффициент поглощения светового потока масла после магнитной сепарации.

Таблица 1 – Техническая характеристика магнитного сепаратора

Параметр	Значение параметра
Объем испытуемого масла	10±2
Температура предварительного нагрева масла, °С	70±5
Продолжительность испытаний, мин	2±1
Габариты устройства, мм	110×75×65±2
Масса, г	350±10

Для определения остаточного ресурса отработанных масел используют средства контроля, позволяющие установить сопротивляемость отработанных масел окислению, наличие топливных фракций, противоположные свойства и изменение вязкости.

Работоспособность моторных масел не имеет четкой зависимости от времени наработки (пробега), так как определяется индивидуальными факторами. Для каждого механизма вследствие его индивидуальных особенностей и различий в режимах и условиях эксплуатации предельные показатели

достигаются через разные промежутки времени. Своевременная замена масел в двигателях внутреннего сгорания увеличивает его срок службы. Основным путём повышения эффективности использования моторных масел является контроль текущего состояния масла в течение эксплуатации [3].

Так как, до сих пор, нет системы стандартизированных показателей для оценки качества работавших масел, то происходит либо преждевременная их замена, влекущая за собой перерасход масел из-за невыработанного их ресурса, либо двигатель работает на загрязнённом масле, вызывая износ деталей, приводящий к увеличению зазора между гильзами и поршнями двигателя, что в свою очередь повышает угар масла [4].

С этой целью предложена технология определения текущего состояния моторного масла.

Отличительной особенностью данной разработки является комплексный анализ фактического состояния масла в процессе эксплуатации автомобилей на основе оценки степени его загрязнения, антифрикционных и антизадирных свойств, уровня, температуры и вязкости.

Устройство для контроля качества масла (рисунок 2) выполнено в виде щупа, и содержит датчики уровня масла 1, чистоты 2, вязкости 3, несущей способности и момента трения 4, температуры 5, причем все датчики выполнены в виде отдельных модулей, размещенных в гибкой трубке 6 из материала, устойчивого к действию масла (например, силиконовой трубке), соединенной с корпусом 7, в котором размещены: привод вращения 8 (электрический двигатель постоянного тока или шаговый связанный с датчиками вязкости, несущей способности и момента трения; блок обработки информации 9, связанный со всеми датчиками и передающим данные о качестве масла на информационную панель 10.

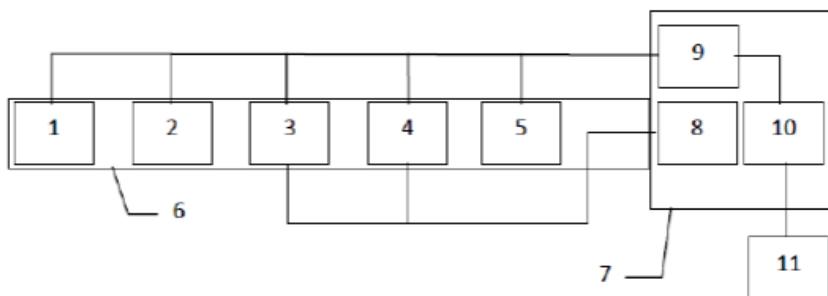


Рисунок 2 – Схема диагностического щупа: 1 – датчик уровня масла, 2 – датчик чистоты, 3 – датчик вязкости, 4 – несущей способности и момента трения, 5 – датчик температуры, 6 – гибкая трубка, 7 – корпус, 8 – привод вращения, 9 – блок обработки информации, 10,11 – информационную панель.



Рисунок 3 – Схема расположения отдельных датчиков

Модуль измерения уровня масла содержит на участках шупа, соответствующих границам минимального и максимального уровня масла, встроенные в стенки трубчатого корпуса инфракрасный излучатель и фотоприемник (фотодиод). Если уровень масла не достигает нижней границы датчика, то фотоприемник воспринимает сигналы излучателя, отраженные от внутренней стенки корпуса: сопротивление диода уменьшается, о чем сигнализирует соответствующий светодиод на индикаторном табло. При нормальном уровне масла в двигателе граница поверхности масла разделяет приемник и излучатель.

Модуль оценки чистоты масла выполнен аналогично оптическому датчику уровня, однако в этом случае излучатель (светодиод) и приемник (фотодиод) направлены встречно друг другу. Сигнал, принимаемый фотодиодом, зависит от степени прозрачности масла, расположенного между приемником и излучателем.

Конструкция модуля оценки вязкости основана на принципе поршневого насоса с упругой мембраной. При движении поршня вниз масло частично выдавливается через калиброванное отверстие, а оставшаяся часть масла будет деформировать упругую мембрану с датчиком. Чем меньше вязкость масла, тем больше оно будет выходить из полости под поршнем через отверстие наружу и, соответственно, тем меньше будет деформация мембраны. При критическом (нижнем) уровне вязкости масла замыкание контакта связанного с мембраной прекратится и включится индикация аварийного состояния масла.

Датчик силы трения (характеризующей антифрикционные свойства масла) и несущей способности, представлен миниатюрной машиной, погружаемой в испытуемое масло. Узел трения в данном датчике сформирован двумя пружинными электродами, прижатыми с противоположных сторон к металлическому тросу с упругой силой, которая устанавливается таким образом, чтобы под действием давления прижатия не происходил

разрыв смазочной пленки в новом масле с приемлемыми антизадирными свойствами. При выработке антизадирных присадок в масле учащаются разрывы масляной пленки в датчике, что будет отображаться свечением соответствующего светодиода.

Датчик температуры эксплуатируемого масла изготовлен на основе стандартного терморезистора.

В качестве привода диагностического щупа для обеспечения работоспособности модулей оценки вязкости, антифрикционных и антизадирных свойств масла был предложен автоматизированный привод (на базе мотор-редуктора IG22C0336401K1R) возвратно-поступательного движения гибкого (стального) троса.

Выносной блок индикации может быть выполнен в двух исполнениях, один из выносных блоков индикации предназначен для размещения под капотом автомобиля, другой – в салоне. Для первого блока важно обеспечить защиту лицевой панели от пыли и грязи, для второго – возможность встраивания в существующие отсеки на передней панели без нарушения гармоничности и цветовой гаммы. Для блока под капотом предложено использовать корпус с пылевлагозащитной крышкой, которую следует открыть для прочтения информации с передней панели блока индикации.

Диагностический щуп устанавливается вместо штатного маслоуказательного щупа и подключается к аккумулятору через блок предохранителей (для этого наконечники щупа оснащены клеммами).



Рисунок 4 – Схема подключения диагностического щупа на стенде

Сущность метода определения наличия ферромагнитных частиц износа диагностическим щупом (рисунок 5) заключается в улавливании их магнитом. Намагничиваемые металлические частицы собираются на поверхности магнита, количество, форма, цвет и размеры, которых определяются визуально через увеличительное стекло, масса – взвешиванием (на аналитических весах при необходимости).



Рисунок 5 – Схема установки магнита на диагностическом щупе

Магнит, входящий в состав диагностического щупа (установлен на конце трубки), позволяет установить наличие ферромагнитных частиц в масле.

Человеческий глаз способен различать объекты размером от 100 мкм (с увеличительным стеклом – более мелкие). При нормальном износе размеры частиц колеблются в пределах 0,5...15 мкм. При усталостном выкрашивании, микрорезании и задире частицы имеют размеры от 10 до 100 и более микрометров. Таким образом, если частицы износа видны с помощью увеличительного стекла или невооруженным глазом, наблюдается износ двигателя. Интенсивность износа можно оценить по изменению количества частиц на магните с увеличением времени работы масла. При большом количестве частиц износа ( $>3$ ) или увеличении этого количества с пробегом автомобиля необходимо провести дополнительный анализ в лаборатории с целью выявления вида и причин износа.

Использование данного устройства при эксплуатации автомобилей позволит:

более экономно расходовать смазочные материалы, обеспечить надежную работу ДВС; своевременно, менять масло в зависимости от его фактического состояния с учетом условий эксплуатации, качества масла, наличия присадок.

Таким образом, диагностический щуп осуществляет контроль состояния масла с помощью пяти различных датчиков, что позволяет среагировать на замену масла с высокой степенью точности. Также отличительной особенностью данного устройства, является возможность диагностировать несущую способность моторного масла. Однако, оценить состояние двигателя по измеряемым параметрам диагностического щупа возможно

лишь приближенно. С помощью диагностического щупа мы можем лишь косвенно судить о состоянии ДВС. Наибольший интерес вызывает определение частиц продуктов износа и их многокритериальная идентификация методами фильтрования и центрифугирования (сепарирования).

#### **Список использованных источников**

1. Богданович, П.Н. Трение и износ в машинах / П.Н. Богданович, В.Я. Прушак. – Минск : Вышш. шк., 1999.
2. Безбородов, Ю.Н. Методы контроля и диагностики эксплуатационных свойств смазочных масел по параметрам термоокислительной стабильности: диссертация д.т.н / Безбородов Ю.Н. – Красноярск, 2009. – С. 65.
3. Верещагин, В.И. Методика оценки ресурса моторных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, А.С. Попов // Вестник Крас. ГАУ. Вып. 6. – Красноярск, 2007. – С. 169–174.
4. Пат. № 2451293 РФ. МПК G01 №33/30. Способ определения работоспособности смазочных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, А.В. Юдин, М.М. Рунда; опубл. 2012, Бюл. № 14.
5. Пинчук, В.Г. О взаимосвязях изменения структуры поверхностных слоев твердых тел и смазочной среды при трении / В.Г. Пинчук, Р.Г. Пинчук // Трение и износ. – 1982. – Т. 3, № 2. – С. 335–338.
6. Чиченадзе, А.В. Трение, износ и смазка / А.В. Чиченадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др. – М.: Машиностроение, 2003. – С. 576.
7. Vaisala. Measuring moisture in oil. P.1. Measuring moisture in oil [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vaisala.com>. Дата доступа: 20.02.2022.
8. Foster N.S. Deretection of trace levels of water in oil by photo acoustic spectroscopy / N.S. Foster, Y.E. Amonette, T. Autrey, Y. Hollsensensors and Aetuatous. – 2001. – Bd. 77. – P. 620–624.

**УДК 337.32:54**

### **СНИЖЕНИЕ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Студенты – Гигола О.Р., 40 тс, 4 курс, ФТС;  
Миронь А.П., 5 от, 4 курс, ИТФ*

*Научный  
руководитель – Мисун А.Л., ассистент  
УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В статье рассмотрены направления улучшения условий и повышения безопасности труда оператора при управлении транспортным средством сельскохозяйственного назначения.