Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
Факультет «Автотракторный»
Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания и электронные системы автомобилей»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ /В.Е. Лазарев/
_____ 20__ г.

Диагностика агрегатов грузового автомобиля «КАМАЗ» электрофизическими методами контроля параметров работающего масла

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2017.040.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы
_____ /Р.Ю. Илимбетов /
_____ 20__ г.

Автор работы
студент группы П-410
_____ /А.А. Мещеряков /
_____ 20__ г.

Нормоконтролер
_____/Астафьев Д.В.
_____ 20__ г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Мещеряков А.А. Диагностика агрегатов грузового автомобиля «КАМАЗ» электрофизическими методами контроля параметров работающего масла: Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе. – Челябинск: ЮУрГУ, АТ; 2017, 76с. 37 ил., библиогр. список – 19 наим.

В выпускной квалификационной работе рассмотрена взаимосвязь основных параметров масла и техническое состояние двигателя. Рассмотрены факторы, влияющие на износ моторного масла.

В работе представлены методы оценки состояния моторного масла и приборы для осуществления экспресс-диагностики моторного масла. На основе анализа приборов был выбран метод колебательного контура и интегральный диагностический показатель – диэлектрическая проницаемость. На основе выбранного метода были проведены эксперименты по определению диэлектрической проницаемости моторного масла, чистого и загрязненного, с целью косвенного определения состояния моторного масла (качества), которые требуют усовершенствования и модернизации в схеме подключения лабораторной установки, методе вычисления диэлектрической проницаемости.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МАСЛА 9

2 ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕСУРС МОТОРНОГО МАСЛА, КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА 13

2.1 Основные эксплуатационные свойства моторного масла 13

2.2 Факторы влияющие на ресурс моторного масла 16

2.2.1 Влияние условий эксплуатации на ресурс моторного масла 18

2.2.2 Основные загрязнители масла 19

2.3 Классификация методов оценки параметров работающего масла 22

2.3.1 Физико–химический метод лабораторного анализа 23

2.3.2 Электрофизический метод лабораторного анализа 24

3 ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА 28

3.1 Диэлектрическая проницаемость – интегральный показатель состояния моторного масла 28

3.1.1 Зависимость диэлектрической проницаемости от физико-химических показателей масла 29

3.1.2 Зависимость диэлектрической проницаемости от технического состояния двигателя 31

3.2 Классификация приборов экспресс-диагностики 33

3.2.2 Прибор ИКМ-2 37

3.2.3 Портативный диагностический комплект КДМП-3 38

3.2.4 Метод колебательного контура 39

3.2.5 ПАВ – Датчик вязкости жидких сред 44

3.2.6 Датчик состояния масла ANALEX rs 47

3.2.7 Пример сравнительного анализа экспресс-приборов 51

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ 60

4.1 Методика эксперимента и описание установки 60

4.2 Пример реализации электрофизического метода контроля параметров работающего масла 68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 74

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 75

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время замена моторного масла при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания производится по регламенту (пройденному пути). Недостатки данного метода замены моторного масла:

1) возможность преждевременного удаления масла, сохранившего достаточно высокую работоспособность, что приводит к нерациональному использованию масла;

2) возможность эксплуатации двигателя с маслом, которое изначально не отвечало техническим требованиям (контрафактная продукция, загрязненное масло, масло с истекшим сроком годности и т.д.).

Поскольку автолюбители и сервисные центры, как правило, не имеют возможности проведения тщательного лабораторного анализа моторного масла, особенно в процессе его эксплуатации, то эксплуатация моторного масла по фактическому состоянию до сих пор представляет собой нерешенную задачу, несмотря на то, что подобные исследования регулярно возобновляются.

Диагностирование агрегатов автомобильного транспорта по параметрам работающего масла (ПРМ) основано на том, что масло является носителем комплексной информации о работе агрегата с точки зрения развивающихся дефектов отдельных деталей или узлов, отклонений в протекании рабочих процессов [3].

По ПРМ можно диагностировать неисправности, характерные для любых моделей двигателей внутреннего сгорания [3]:

- неисправности топливной аппаратуры;
- утечки охлаждающей жидкости в масляную систему;
- нарушение герметичности агрегата;
- неисправности системы очистки масла;
- неисправности системы очистки воздуха;
- нарушение работы системы вентиляции картера.

1 АКТУАЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МАСЛА

Поскольку моторное масло является важным элементом конструкции двигателя, влияющим на его ресурс, оно может надежно выполнять свои функции только при соответствии его свойств термоокислительным, температурным, механическим и химическим воздействиям, которым оно подвергается в масляной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей.

Качество моторного масла напрямую влияет на надежность современных двигателей. В процессе эксплуатации транспортных средств происходит изменение физических и химических свойств моторного масла.

Большую часть загрязнений, находящихся в масле составляют продукты неполного сгорания топлива, вносимые в масло вместе с прорывающимися из цилиндров в картер газами. Чем выше форсировка двигателя, тем хуже его техническое состояние, особенно ЦПГ.

Мониторинг работающих масел - эффективный метод диагностики. По сравнению с другими методами диагностики анализ работающего в двигателе масла имеет ряд существенных преимуществ:

- диагностику выполняют без разборки и визуального осмотра;
- неисправности двигателя обнаруживаются на самой ранней стадии возникновения;
- не требуется доставка диагностической аппаратуры к местам эксплуатации техники или перегон техники на пост диагностирования;
- анализ дает возможность заменять масло при действительной утрате им работоспособности, а не по величине пробега;
- анализ позволяет получить большой объем информации при небольшой трудоемкости его выполнения.

Так же о важности мониторинга состояния масла, говорят следующие статистические значения: по результатам анализа 640 образцов работавшего смазочного материала, отобранных при смене масла в двигателях легковых,

грузовых автомобилей и автобусов, эксплуатировавшихся в самых различных условиях свидетельствуют о том, что у 28% автомобилей (рисунок 1.1) в моторном масле было недопустимо большое содержание топлива (свыше 4%), 8% двигателей автотранспортных средств работали на водомасляной эмульсии (рисунок 1.2) [4].

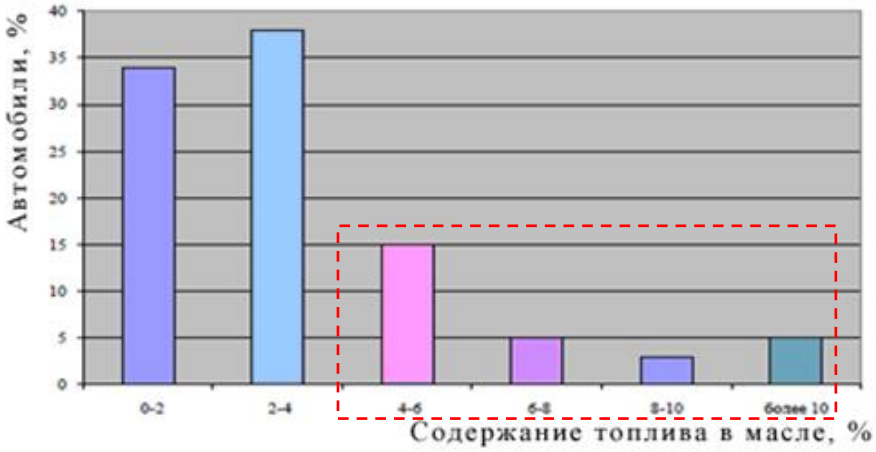


Рисунок 1.1 – Содержание топлива в моторном масле

* примечание красной рамкой выделены результаты, превышающие допустимые значения

Известно, что попадание загрязнителей в моторное масло ухудшает эксплуатационные свойства масла.

Снижение эксплуатационных свойств приводит к преждевременному износу агрегатов АТС.

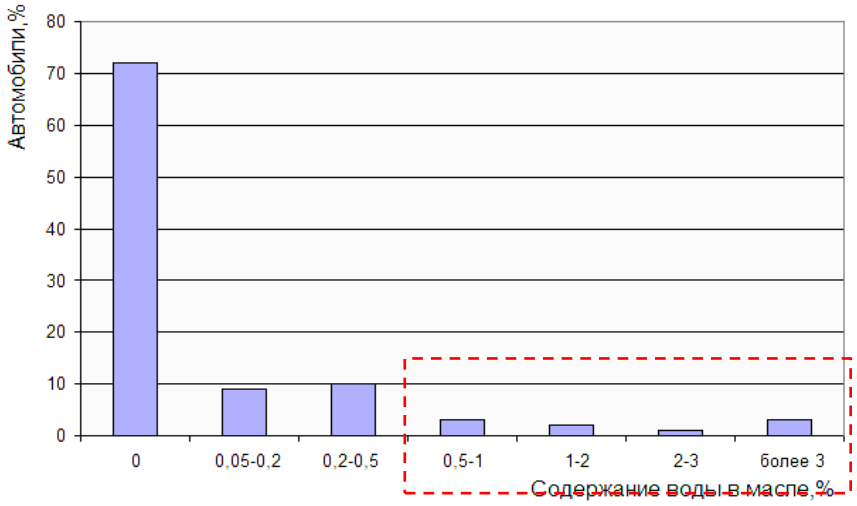


Рисунок 1.2 – Содержание воды в моторном масле

* примечание красной рамкой выделены результаты, превышающие допустимые значения

Статистические данные рекламационных актов, полученные от ООО «Компания УРАЛКАМ», «официального дилера ОАО «КАМАЗ» [2]. Так, согласно статистики ООО «Компания УРАЛКАМ» за 2011 и 2014 годы, удельный вес поломок, приходящихся на двигатель внутреннего сгорания (ДВС) составляет 26.6%. (рисунок 1.3) от общего числа.

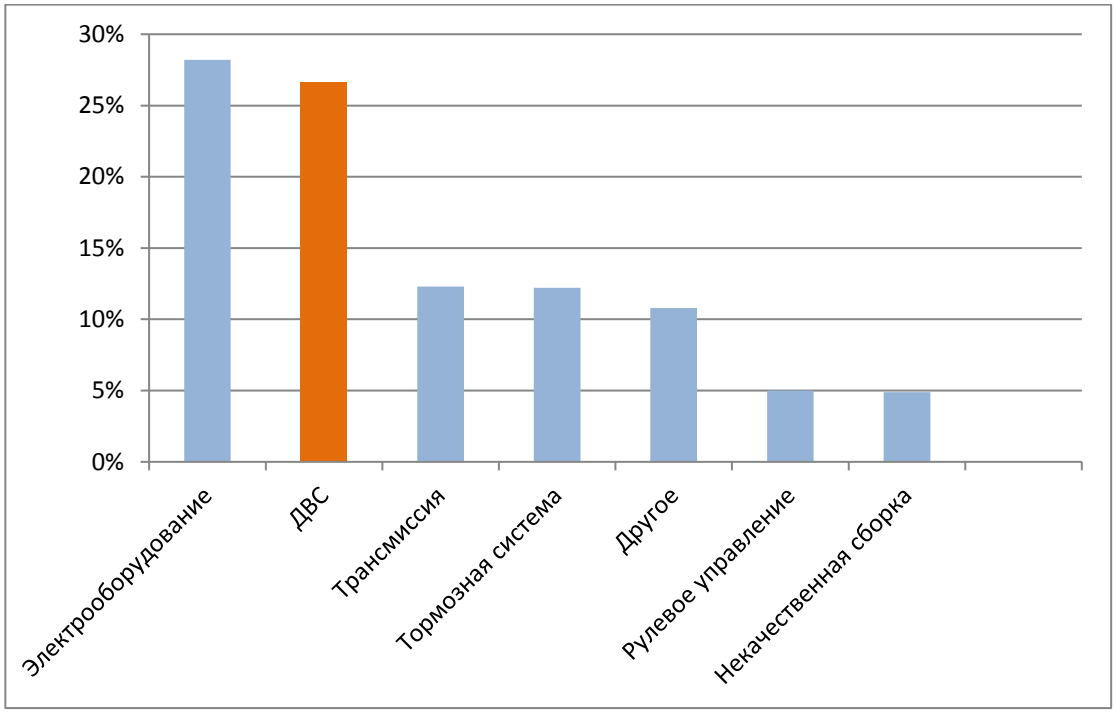


Рисунок1.3– Удельный вес поломок, по данным рекламационных актов ООО «Компания УРАЛКАМ» за 2011 и 2014 годы, [2, 16]

На диаграмме (рисунок 1.3) показано, что доля отказов, приходящаяся на агрегаты с замкнутыми системами смазки, во многих случаях является преобладающей и первостепенной, что подтверждает необходимость введения контроля, который сможет оценить техническое состояние агрегатов большегрузных автосамосвалов безразборными методами диагностики по ПРМ.

Данные статистические значения подтверждают актуальность внедрения мероприятий, позволяющих предупредить отказы рассмотренных механизмов, оценить остаточный ресурс.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ:

1. Для увеличения эксплуатационной надежности АТС должны проводится мероприятия, позволяющие оценивать эффективность использования агрегатов и смазочного масла, остаточный ресурс агрегатов, базируемые на методах их оценки контроля.

2. Эксплуатация моторного масла по фактическому состоянию до сих пор представляет собой нерешенную задачу, что стимулирует разработку новых методов и подходов к проблеме, а, следовательно, остается актуальной.

2 ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕСУРС МОТОРНОГО МАСЛА, КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА

2.1 Основные эксплуатационные свойства моторного масла

Моторное масло – важная часть конструкции двигателя. Оно может длительно и надежно выполнять свои функции, обеспечивая заданный ресурс двигателя, только при точном соответствии его свойств тем термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей. Взаимное соответствие конструкции двигателя, условий его эксплуатации и свойств масла - одно из важнейших условий достижения высокой надежности двигателей [5].

Основные эксплуатационные свойства масла являются показателями качества моторного масла, влияющие на эксплуатационную надежность автомобильных двигателей. Оценивая данные свойства масла, можно говорить об остаточном ресурсе моторного масла.

Основными эксплуатационными свойствами масла являются [3]:

1) вязкостно-температурные;
2) моющие-диспергирующие;
3) противоизносные;
4) антикоррозионные;
5) антиокислительные;
6) нейтрализующие (щелочное число).

1) *Вязкостно-температурные свойства* - одна из важнейших характеристик моторного масла. Вязкостно-температурные свойства масел для двигателей характеризуют их способность образовывать масляный слой, разделяющий металлические поверхности трущихся деталей, что обеспечивает уменьшение

трения и износа. Вязкостно-температурные свойства моторных масел определяются кинематической вязкостью в капиллярных вискозиметрах, температурой застывания, динамическая вязкость, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, а также индекс вязкости - безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости, рассчитываемый по значениям кинематической вязкости масла, измеренной при 40 и 100°С. Масла, применяемые в зимнее время и всесезонно, должны иметь высокий индекс вязкости, более низкую температуру застывания и меньшую вязкость при низких температурах, чем летние масла.

В умеренных климатических условиях диапазон изменения температуры масла от холодного пуска зимой до максимального прогрева в подшипниках коленчатого вала или в зоне поршневых колец составляет до 180-190°С. Вязкость минеральных масел в интервале температур от -30 до +150°С изменяется в тысячи раз[4].

2) *Моюще-диспергирующие свойства* подразделяются на моющие и диспергирующие свойства.

Моющие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя и противостоять лакообразованию на горячих поверхностях, а также препятствовать прилипанию углеродистых соединений[6].

Диспергирующие свойства характеризуют способность масла препятствовать слипанию углеродистых частиц, удерживать их в состоянии устойчивой суспензии и разрушать крупные частицы продуктов окисления при их появлении[6].

3) *Противоизносные и противозадирные свойства* характеризуют способность масла снижать износ трущихся поверхностей деталей и препятствовать образованию на них задиров[6].

Противоизносные свойства моторного масла зависят от химического состава и полярности базового масла, состава композиции присадок и вязкостно-температурной характеристики масла с присадками, которая в основном

предопределяет температурные пределы его применимости (защита деталей от износа при пуске двигателя, при максимальных нагрузках и температурах окружающей среды) [5].

4) *Антикоррозионные свойства* моторных масел зависят от состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антикоррозионных, антиокислительных присадок и деактиваторов металлов. В процессе старения коррозионность моторных масел возрастает. Более склонны к увеличению коррозионности масла из малосернистых нефтей с высоким содержанием парафиновых углеводородов, образующих в процессах окисления агрессивные органические кислоты, которые взаимодействуют с цветными металлами и их сплавами[5].

5) *Антиокислительные свойства* в значительной степени определяют стойкость масла к старению. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляется возможным.

Окисление масла приводит к росту его вязкости и коррозионности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим неблагоприятным последствиям (затруднение холодного пуска, ухудшение прокачиваемости масла).

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхностях деталей, нагревающихся до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). В объеме масло окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, радиаторе, маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление более интенсивно. Значительно затормозить процессы окисления масла можно соответствующей очисткой базовых масел от нежелательных соединений, присутствующих в сырье; использованием синтетических базовых компонентов, а также введением эффективных антиокислительных присадок[5].

Способность масел противостоять действию кислорода при высоких температурах называют термоокислительной стабильностью[4].

Производство смазочных материалов связано с повышением их качества, так, стойкость к окислению повышают применением антиокислительных присадок. Однако при длительной эксплуатации активность присадок из-за уменьшения их концентрации падает, поэтому важно иметь разработанные методики и приборное обеспечение для оценки термоокислительной стабильности, как одного из показателей ресурса масел[4].

6) *Нейтрализующие свойства*. Запас нейтрализующих свойств, которым характеризуется моторное масло, называется щелочное число и измеряется в мг КОН/г масла (мг гидроокиси калия на г масла). Обычно моторные масла для автомобильных двигателей имеют значение щелочного числа в диапазоне 5…20 мгКОН/г. Важно отметить, что практическое значение имеет не начальное значение щелочного числа, а скорость его падения, т.е. ухудшения нейтрализующих свойств масла. Именно изменение щелочного числа относительно его начального значения (обычно на 50%) является одним из параметров, которые используют производители техники для определения срока замены масла, а не его абсолютное значение. Скорость падения щелочного числа, прежде всего, зависит от типа используемого детергента[7].

2.2 Факторы, влияющие на ресурс моторного масла

Основные факторы, влияющие на ресурс моторного масла схематично представлены на рисунке 2.1.

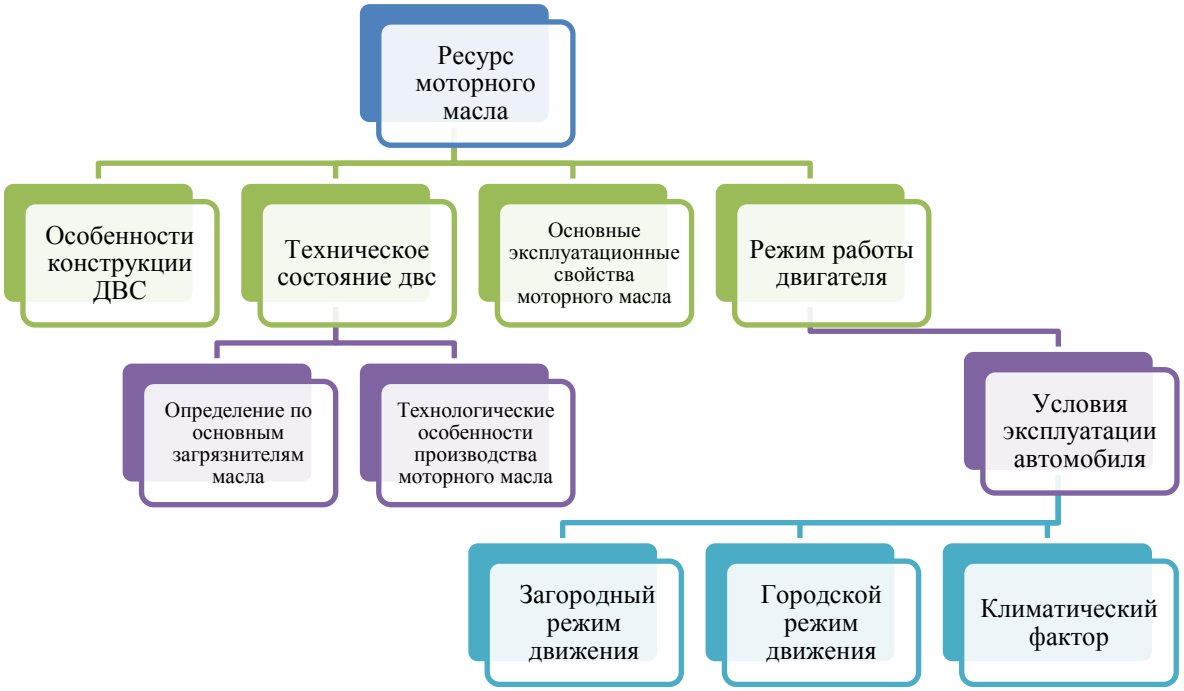


Рисунок 2.1–Факторы, влияющие на ресурс моторного масла

Основные загрязнители масла могут служить диагностическим показателем для оценки состояния ДВС. Так при технически исправном ДВС концентрация загрязняющих веществ в моторном масле минимальна, что положительно сказывается на ресурсе моторного масла.

Во много ресурс зависит от условий эксплуатации, среди которых стоит учесть следующие:

- поездки на короткие расстояния;
- перегрев двигателя;
- работа продолжительное время на холостом ходу;
- стиль езды, агрессивная манера вождения;
- простой автомобиля в течение длительного времени (редкое использование).

Также следует отметить климатический фактор.

2.2.1 Влияние условий эксплуатации на ресурс моторного масла

Рассмотрим работу ДВС в городском режиме движения. Для данного режима характерно:

1. малые обороты коленчатого вала;
2. низкое давление в системе смазки;
3. обогащенная топливная смесь;
4. неоптимальный тепловой режим работы двигателя;
5. конденсация влаги из атмосферного воздуха и от сгорания топлива.

Двигатель автомобиля работает, мото-часы растут, масло срабатывается, а пробега у автомобиля нет. В результате задолго до планового технического обслуживания моторное масло полностью теряет свои эксплуатационные свойства – срабатываются присадки, а само масло превращается в «масляный шлам» (oil sludge).

Масляный шлам представляет собой вязкую, гелеобразную субстанцию в полужидком или твердом состоянии, имеющую цвет от светло-коричневого до черного. Состоит из окисленного базового масла, продуктов неполного сгорания бензина, механических частиц, воды. Признаки образования в ДВС масляного шлама:

- падение давление масла ниже критического значения (срабатывает датчик давления масла или неисправности двигателя «Check Engine»);
- повышенный расход моторного масла;
- синий (или серый) цвет выхлопных газов при холодном запуске ДВС;
- повышенный расход топлива;
- нарушение работоспособности датчика уровня и (или) качества моторного масла (на автомобилях, оборудованных системой контроля моторного масла);
- увеличение шума и вибрации при работе двигателя;
- снижение мощности силового агрегата;
- отказ элементов системы контроля отработавших газов, например, датчика кислорода;

- выдавливание щупа для измерения уровня масла из технологического отверстия;
- неравномерная работа силового агрегата и сбои в управлении холостым ходом и др.

Потеря ресурса моторного масла происходит вне зависимости от модели двигателя, автомобиля и марки применяемого моторного масла.

2.2.2 Основные загрязнители масла

Поступающие в масло загрязнения могут быть разделены на: органические и неорганические (рисунок2.2). Органические загрязнения масла– это сажевые частицы, охлаждающая жидкость, топливо. Неорганические загрязнения представлены главным образом продуктами износа трущихся деталей и продуктами распада металлосодержащих присадок добавляемых в масло и топливо [8].

Следует отметить, что появление в работавшем масле таких загрязнений, как сажевые и металлические частицы, является неизбежным при любых условиях работы двигателя. В то же время проникновение в масло охлаждающей жидкости и топлива может рассматриваться как явление случайное, специфичное лишь для определенных условий эксплуатации.

Рисунок 2.2 – Основные загрязнители моторного масла

Каждый из этих загрязнителей по-своему влияет на эксплуатационные свойства масла. В таблице 2.1 представлены основные загрязнители, последствия их влияния на ДВС.

Таблица 2.1 – Основные загрязнители моторного масла и их влияние на ДВС

Загрязнители	Причина	Последствия
Пыль	• Неисправна система фильтрации воздуха • Имеются трещины или отверстия во впускном коллекторе или воздуховодах между воздушным фильтром и головкой блока цилиндров.	Преждевременный износ поршней, поршневых колец, гильз цилиндров.
Вода	• Конденсат из воздуха • Вода, попадающая в двигатель при сгорании топлива • Вода, проникающая в систему смазки из системы охлаждения двигателя.	Возрастает водородный износ деталей, коррозия вкладышей подшипников скольжения и других деталей из цветных металлов и сплавов при высоких температурах.

Продолжение таблицы 2.1

Охлаждающая жидкость	Утечки в системе охлаждения	Моторное масло утрачивает 3 свойства: • Способность обеспечить низкий коэффициент трения • Минимальный износ узлов трения • Высокая несущая способность масляной пленки.
Топливо	• Попадание происходит через форсунки или электромагнитные клапаны • Неполное сгорание топлива • Изношены или не закрываются плотно сопла форсунок • Частые холодные запуски двигателя и поездки на непрогретом моторе на короткие расстояния • Не работает один или несколько цилиндров • Частая работа двигателя на холостых оборотах (городские условия езды).	Уменьшение вязкости масла. В результате масляная пленка теряет свою консистенцию и, соответственно, теряется сопротивляемость в зонах, которые особенно подвержены нагрузкам. что приводит к преждевременному износу втулок, шатунов, кулачков, толкателей клапанов, поршневых колец.
Металлические частицы	Металлические частицы являются продуктами износа, возникшие вследствие повышенного трения, старения масла неисправной цилиндропоршневой группы.	• Износ поршней • Износ поршневых колец • Износ втулок цилиндров • Износ подшипников.

2.3 Классификация методов оценки параметров работающего масла

В настоящее время существуют различные способы диагностирования состояния моторного масла. Существующие методы реализуются при помощи лабораторного анализа или портативными экспресс-приборами. Структурная схема методов диагностики представлена на рисунке 2.3.

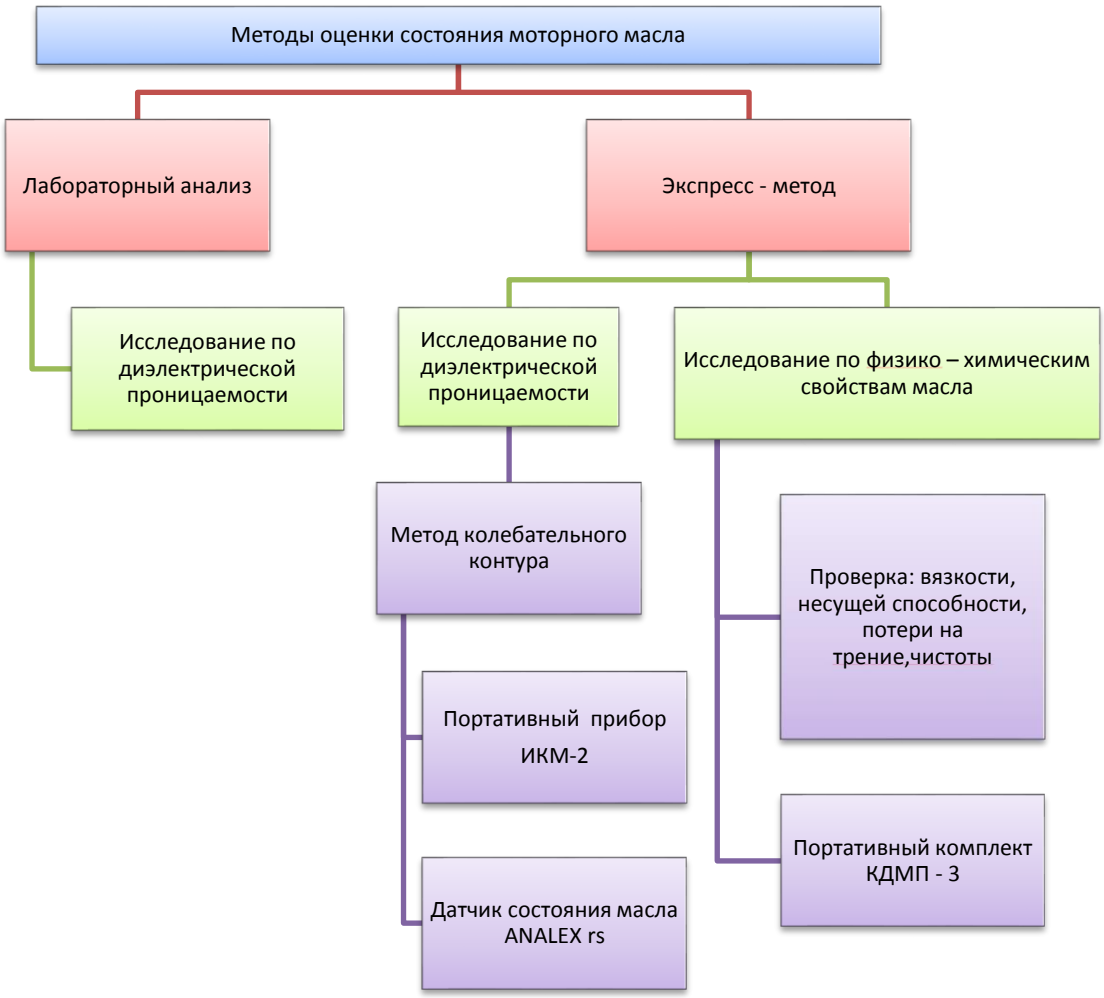


Рисунок 2.3 – Структурная схема методов диагностики параметров работающего масла

2.3.1 Физико–химический метод лабораторного анализа

Лабораторный анализ чаще всего выполняется с помощью физико–химических методов, позволяющих проводить проверку основных эксплуатационных свойств моторного масла.

Стандартным лабораторный метод включает в себя проверку по следующим параметрам моторного масла:

1) определение вязкости;

2) температуру вспышки;

3) наличие воды;

4) кислотно - щелочным свойства масла;

Пример диагностирования моторного масла физико-химическим методом приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Диагностика состояния систем ДВС по эксплуатационным свойствам моторного масла.

Наименование показателей	Предельные значения браковочных показателей для двигателей		Причина	Метод измерения, прибор
	бензиновых	дизельных		
Изменение вязкости, %: Повышение	25	35	• окисление масла • загрязнение нерастворимыми веществами • перегрев ДВС • попадание воды • попадание охлаждающей жидкости	вискозиметр
Снижение	20	20	попадание топлива в масло	
Щелочное число(TBN), мг КОН/г, не менее	0,5-2,0 1,0-3,0	Высокие температуры ДВС, окисление масла	*Ph*-метр; метод инфракрасной спектроскопии	Щелочное число(TBN), мг КОН/г, не менее

Продолжение таблицы 2.2

Снижение температуры вспышки, ˚С, не более	20	20	Попадание в масло топлива, охлаждающей жидкости или отработавших газов	электротигель
Содержание воды, %, не более	0,5	0,3	конденсация при неработающем двигателе	электротигель
Содержание топлива, %, не более	0,8	0,8	Неисправность форсунок	электротигель
Диспергирующие свойства по методу масляного пятна, у.е., не менее	0,3-0,35	0,3-0,35	• окисление масла, • появление кислот, • расход щелочных присадок, вследствие чего ухудшаются диспергирующие и моющие свойства и сокращается ресурс работы масла.	Метод капельной пробы
Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более	1,0	3,0	Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более	Метод полярографии; Акустический анализ

2.3.2 Электрофизический метод лабораторного анализа

Электрофизическим лабораторным методом является метод ЭСАМ – эмиссионный спектральный анализ масла. Диагностика технического состояния агрегатов АТС эмиссионным спектральным анализом масла производится на основе определения концентрации характерных химических элементов износа в работающем масле: Fe, Cr, Ni, Al, Pb, Si, Ba, Ca и др. [3].

Продукты износа оцениваются эмиссионным анализом работающего масла на высокопроизводительном автоматизированном спектрометре МФС-7(рисунок 2.4). Основное назначение спектрометра – это диагностика двигателей внутреннего сгорания и агрегатов трансмиссии [3].

Благодаря электрофизическому принципу действия, за смену спектрометр способен проанализировать 40...50 проб масла. Высокая производительность установки обеспечивается комплексным воздействием высоковольтных и оптических процессов на свойства смазочного масла. Следовательно, электрофизические процессы являются не только быстродействующими, но и перспективными при разработке оборудования нового поколения. Однако есть и недостатки. Спектрометр МФС-7 имеет значительные габаритные размеры и вес (~ 600 кг). Под установку спектрометра требуется отдельное помещение площадью не менее 20 м^2 с местной вытяжкой [3].

Рисунок 2.4 – Установка МФС-7 для выполнения ЭСАМ

Спектрометр является дорогим оборудованием (стоимость от 90 тыс. руб.). Учитывая сложность юстировок и регулировок, а также выполнение ТОР спектрометратолько централизованным (специализированным) способом, на ЭСАМ накладывается ограничение по целесообразности его применения. Значит диагностику методом ЭСАМ целесообразно проводить на автомобильных агрегатах, стоимость которых значительна [3]

Таблица 2.3 – Достоинства и недостатки лабораторного анализа и экспресс-метода оценки состояния масла

	Достоинства	Недостатки
Лабораторный анализ	• Оценка с высокой степенью точности • Однозначность оценки • Комплексная оценка по множеству показателей	• Высокая стоимость • Большое время исследования • Наличие специального оборудования и квалифицированного персонала
Экспресс-метод	• Быстродействие • Возможость использования в полевых условиях • Возможность применения в АТС • Низкая стоимость прибора	• Меньшая степень точности • Неодназначность оценки

ВЫВОД ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ:

1. Каждый из загрязнителей по-своему влияет на эксплуатационные свойства масла.

2. Оценивая основные эксплуатационные свойства масла, мы можем говорить об остаточном ресурсе моторного масла.

3. Основные загрязнители масла могут служить диагностическим показателем для оценки состояния ДВС.

4. С помощью физико-химического анализа мы можем проверить основные свойства моторного масла.

5. В таблице 2.3 представлены основные достоинства и недостатки лабораторного анализа и экспресс-метода оценки состояния масла.

3 ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТАЮЩЕГО МАСЛА

3.1 Диэлектрическая проницаемость – интегральный показатель состояния моторного масла

Каждый материал, в том числе моторное масло, обладает уникальным набором электрических характеристик, зависящих от его диэлектрических свойств. На рисунке 3.1 представлены факторы, влияющие на диэлектрическую проницаемость моторного масла. Диэлектрическая проницаемость является диагностических показателем для электрофизических экспресс-методов оценки.

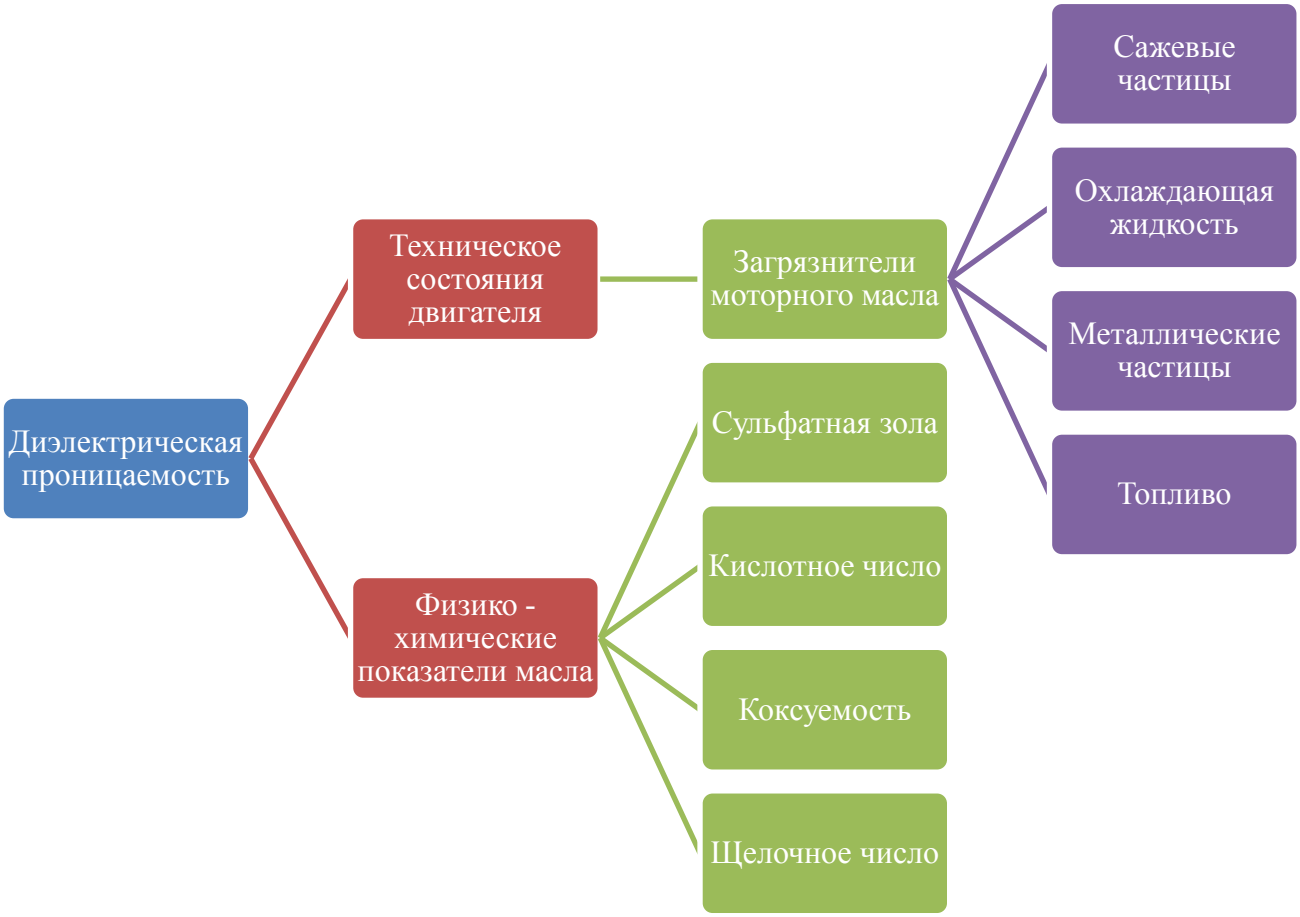


Рисунок 3.1 – Факторы, влияющие на диэлектрическую проницаемость моторного масла

3.1.1 Зависимость диэлектрической проницаемости от физико-химических показателей масла

Рассмотрим зависимость диэлектрической проницаемости от такого физико-химического показателя масла, как сульфатная зола. Значение ε и сульфатной золы не работавших всесезонных моторных масел различных фирм-производителей, приведены в таблице 3.1 [6].

Таблица 3.1 – Значение ε и сульфатной золы различных масел[6].

Проба масла	Марка масла по SAE	ε	Зола сульфатная, % (масс.)
№1	10W-40	2,3392	1,28
№2	10W-40	2,3525	1,40
№3	15W-40	2,3427	1,31
№4	15W-40	2,3616	1,52

Из таблицы 3.1 видно, что каждое масло, имеющее в своем составе различные присадки, в зависимимости от марки масла, имеет индивидуальное значение сульфатной золы и индивидуальную диэлектрическую проницаемость ε.

В результате старения моторного масла изменяются его физико-химические свойства, что приводит к изменению диэлектрической проницаемости (таблица 3.2).

Анализируя данные, приведенные в таблице 3.2, отметим, что не работавшие масла 1 и 2 обладают практически одинаковыми значениями ε, температуры вспышки и щелочного числа. За время эксплуатации в течение 500 ч в двигателе внутреннего сгорания изменение температуры вспышки и щелочного числа масла 1 (Δt = 3°C, Δx = 2,5 мг KOH/г) и масла 2 (Δt = 5°C, Δx = 2,8 мг KOH/г), относительно неработавших масел, характеризуется очень близкими значениями. Эти значения указывают на практически одинаковые изменения состава работавших масел. Однако если судить по изменению ε масла 1 ($\Delta\varepsilon$ = 0,0464), то оно в два раза меньше изменения ε масла 2 ($\Delta\varepsilon$ = 0,1194).

Это свидетельствует о менее глубоких изменениях в составе масла 1, по сравнению с маслом 2, которые произошли за время его эксплуатации в двигателе внутреннего сгорания и, как следствие, меньшем его срабатывании [6].

Таблица 3.2 – Изменение физико-химических показателей масла от времени работы в двигателе [6].

Масло SAE 10W-40(№1)					
Показатели	Наработка, ч				
	0	74	267	448	508
Температура вспышки, t ^{0}C	210	210	208	208	207
Щелочное число, X мг КОН/г	11,2	9,6	9	8,8	8,7
ε	2,3525	2,3525	2,3724	2,3856	2,3989
Масло SAE 10W-40(№2)					
Показатели	Наработка, ч				
	0	163	254	360	503
Температура вспышки, t ^{0}C	210	208	208	208	205
Щелочное число, X мг КОН/г	11	9,2	8,7	8,4	8,2
ε	2,3392	2,379	2,3923	2,432	2,4586
Масло SAE 15W-40(№3)					
Показатели	Наработка, ч				
	0	66	130	257	345
Температура вспышки, t ^{0}C	213	213	208	204	204
Щелочное число, X мг КОН/г	15	3,7	12,8	11,5	10,9
ε	2,3616	2,3889	2,4254	2,432	2,4453
Масло SAE 15W-40(№4)					
Показатели	Наработка, ч				
	0	130	242	348	460
Температура вспышки, t ^{0}C	205	205	205	205	205
Щелочное число, X мг КОН/г	15,3	13,9	12,5	11,9	11,3
ε	2,3427	2,3691	2,3956	2,4155	2,4486

Несколько другая картина наблюдается с маслами 3 и 4. Неработавшие масла обладают близкими значениями ε и щелочного числа, а температуры вспышки несколько разнятся (на 8 °С). За время эксплуатации на протяжении 345 ч в масле 3 (Δt = 9°С, Δx = 4,1 мг КОН/г) произошли более значительные изменения, чем в масле 4 (Δt = 0 °С, Δx = 3,4 мг КОН/г). В данном случае характер изменения температуры вспышки и щелочного числа масел 3 и 4 совпадает с характером изменения их ε. Это изменение составило: (Δε = 0,0837) для масла 3 и (Δε = 0,0728) для масла 4 [6].

3.1.2 Зависимость диэлектрической проницаемости от технического состояния двигателя

По значениям диэлектрической проницаемости моторного масла можно определить техническое состояние ДВС. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости масла от концентрации загрязнений (рисунок 3.2 - 3.3).

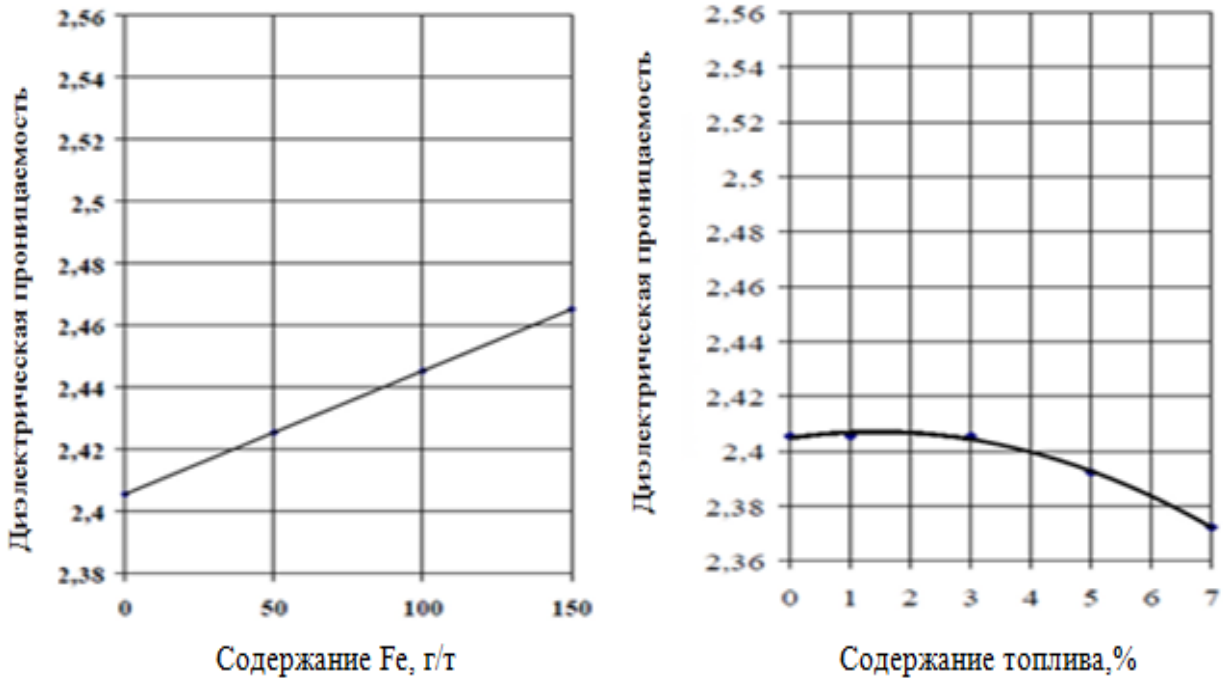


Рисунок 3.2 – Графики зависимости диэлектрической проницаемости моторного масла от концентрации частиц железа и топлива

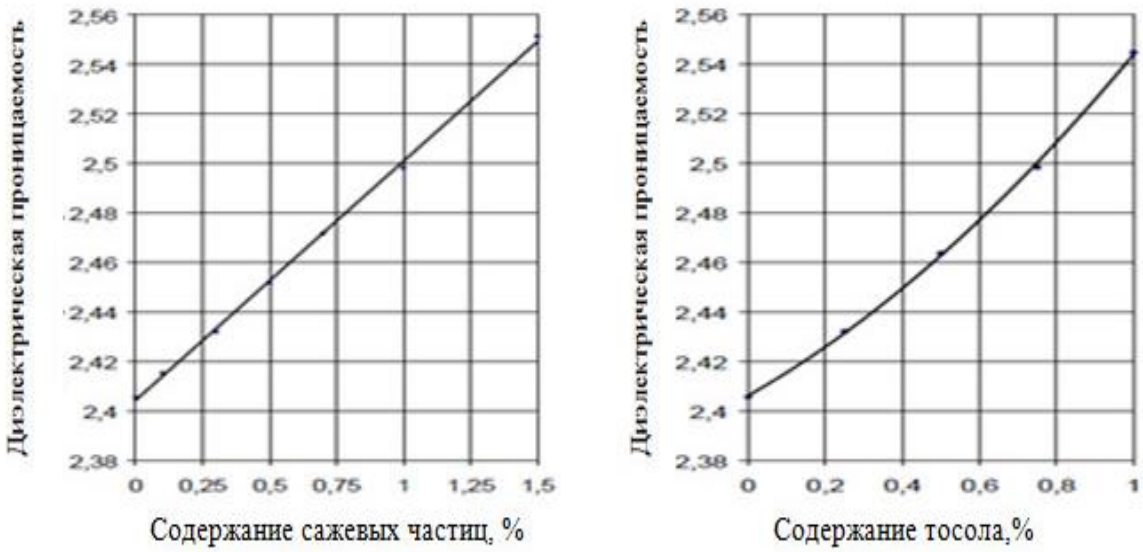


Рисунок 3.3 – Графики зависимости диэлектрической проницаемости моторного масла от концентрации сажевых частиц и тосола

Зная значения предельной допустимой концентрации загрязнителя и его влияние на приращение диэлектрической проницаемости, найдем браковочные значения для диэлектрической проницаемости, приняв диэлектрическую проницаемость свежего масла $\varepsilon_{св}$=2.3 (таблица 3.3) .

$$\varepsilon_{бр} = \varepsilon_{св} + \Delta\varepsilon, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{св}$– диэлектрическая проницаемость свежего масла,$\varepsilon_{бр}$– браковочное значение диэлектрической проницаемости,$\Delta\varepsilon$ – относительная диэлектрическая проницаемость.

Таблица 3.3 – Зависимость диэлектрической проницаемости от загрязнителя

Загрязнитель моторного масла	Браковочное по концентрации загрязнителя	$\Delta\varepsilon$	$\varepsilon_{бр}$
Сажевые частицы	1,5 % (масс.)	0,1459	2.4459
Охлаждающая жидкость (тосол)	1% (масс.)	0,1392	2,4392
Металлические частицы (Fe)	150 г/т	0,0597	2,3597
Содержание дизельного топлива, %	7%(масс.)	-0,0331	2,2669

Анализируя данные значения мы видим, что сильное влияние на величину Δε, в рассматриваемом диапазоне браковочных значений, оказывают сажевые частицы и содержание тосола. Содержание Fe в моторном масле существенным образом влияет на увеличение значения Δε,однако ввиду его незначительного, по сравнению сажевыми частицами, браковочному значению 150 г/т, это влияние характеризуется величиной 0,0597. При попадании дизельного топлива диэлектрические свойства масла незнаначительно увеличиваются, т.к. дизельное топливо является лучшим диэлектриком, по сравнению с моторным маслом.

Полученные значения весьма приближенные, так как при измерении не учитывались физико-химические показатели масла, которые также влияют на диэлектрическую проницаемость. Стоит отметить, что диэлектреская проницаемость уменьшается только при загрязнении масла топливом, при других рассмотренных видах загрязнителей диэлектрическая проницаемость моторного масла увеличивается. Данное наблюдение позволяет использовать показатель диэлектрической проницаемости в качестве диагностического параметра.

В настоящее время показатель диэлектрической проницаемости моторного масла применяется в экспресс-методах диагностики моторного масла.

3.2 Классификация приборов экспресс-диагностики

Для доказательства эффективности электрофизического метода в работе Власова[3] проведена сравнительная оценка портативных средств экспресс – диагностики. На рисунке 3.4 представлены наиболее перспективные экспресс - приборы.

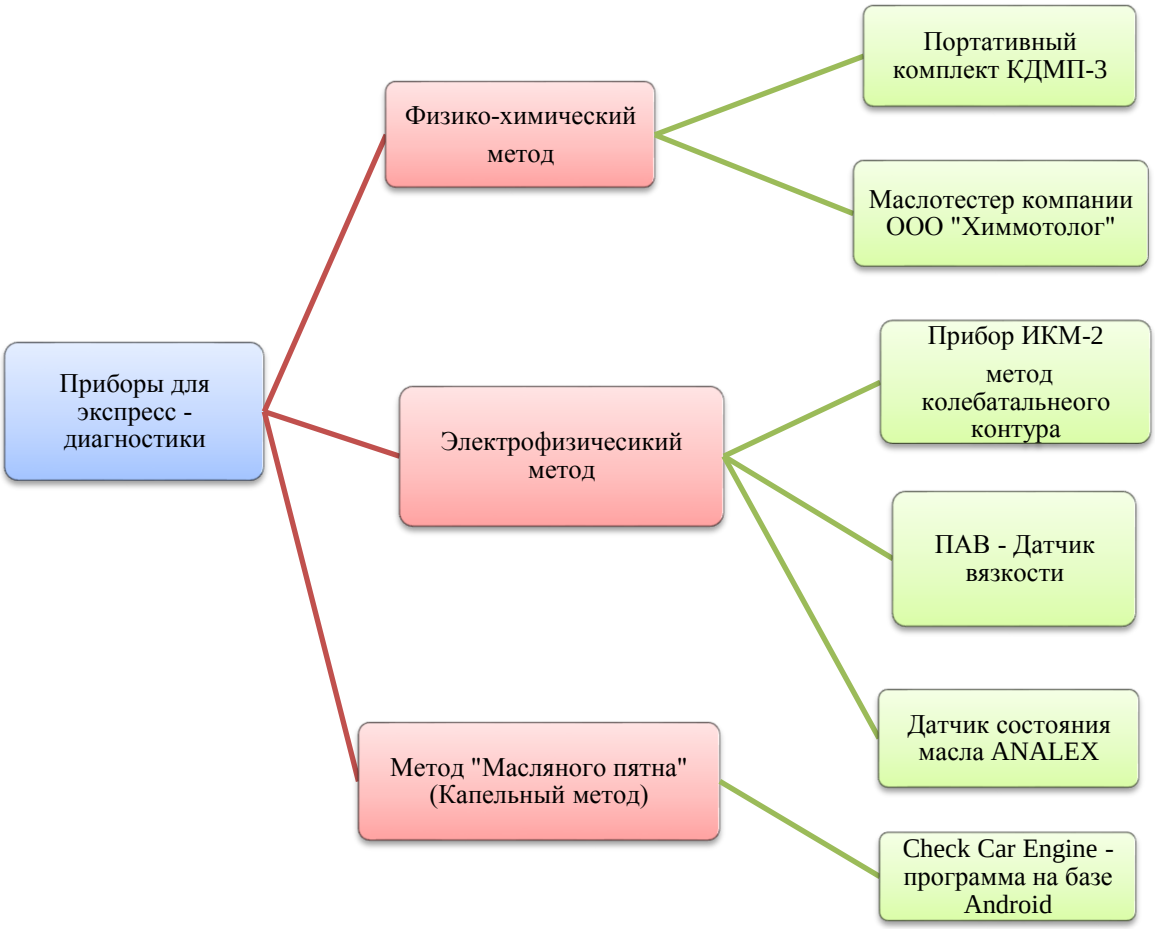


Рисунок 3.4 – Перспективные экспресс-приборы

Приборы отличаются универсальностью измерения, что позволяет определять несколько разных параметров работающего масла (загрязненность, содержание воды и топлива, а также повысить информативность, оперативность и эффективность диагностики агрегатов АТС. Рассмотрим работу данных приборов.

3.2.1 Маслотестер компании ООО «Химотолог»

Маслотестер компании ООО «Химотолог» - измерительный прибор, позволяющий определить динамическую вязкость и плотность продукта, вычислить кинематическую вязкость. Авторы патента прибора: Нигматуллин Ришат Гаязович, Нигматуллин Виль Ришатович, Нигматуллин Ильшат Ришатович, Костенков Дмитрий Михайлович, Пелецкий Сергей Сергеевич, Хафизова Алина Галимовна. Патентообладатель - Общество с

ограниченной ответственностью "Химмотолог", Патент РФ № 2392607, G01N 11/02, 20.06.2010.

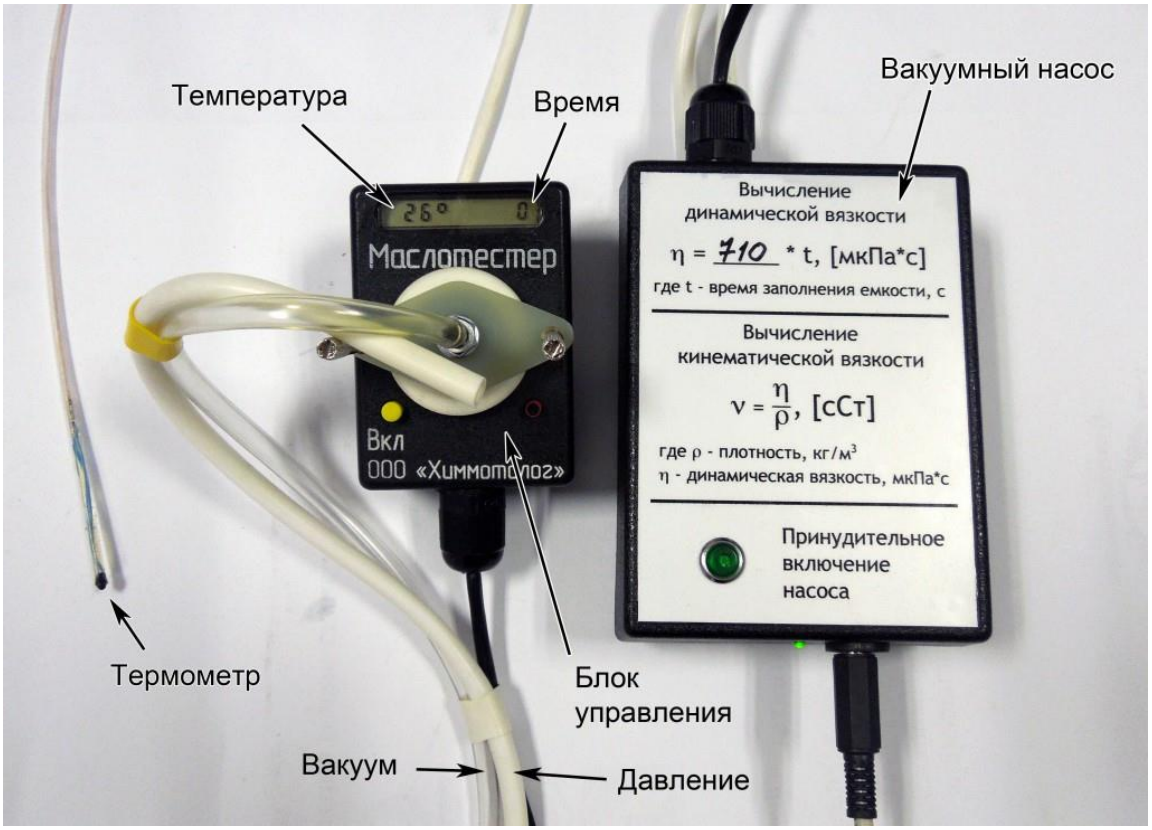


Рисунок 3.5 – Маслотестер компании ООО «Химотолог»

Изобретение может быть использовано в нефтяной, автомобильной, авиационной, машиностроительной отраслях промышленности, где необходимо контролировать работоспособность смазочных материалов (в соответствии с ГОСТ 27.002-83 на смазочный материал распространяется понятие надежности и работоспособности). Сущность изобретения заключается в том, что с помощью устройства определяется работоспособность и качество смазочного материала по нескольким критериям: вязкость, относительный вязкостно-температурный показатель, плотность, электрическая емкость, коррозионная активность, наличие механических примесей, воздуховыделение, показатели капельной пробы на фильтровальную бумагу (масляное пятно). На основании этих показателей рассчитывается интегральный показатель качества смазочного материала. Кроме того, существует возможность определения температуры вспышки, щелочного

числа и других показателей у отобранной пробы при помощи дополнительных приборов и реагентов[7].

С помощью цилиндрической емкости - пробоотборника с поршнем из картера двигателя через фильтр с магнитом отбирается небольшое (50 мл) количество смазочного материала, затем пробоотборник соединяется с измерительным блоком. С помощью нагревателя емкость-пробоотборник нагревается до нужной температуры. В пробоотборнике с помощью пружины создается давление, в результате чего через трубку диаметром 1,5-2,5 мм в измерительную емкость поступает смазочный материал[7].

По времени истечения смазочного материала из пробоотборника в измерительную емкость, зависящему от диаметра трубки и температуры образца, определяют изменение вязкости работающего смазочного материала вследствие попадания воды, охлаждающей жидкости, продуктов неполного сгорания топлива и других примесей. По количеству осевших на фильтре и магните частиц судят о степени загрязнения смазочного материала механическими примесями. В измерительном блоке определяются плотность, вязкость, электрическая емкость, коррозионная активность, воздуховыделение смазочного материала, относительный вязкостно-температурный показатель[7].

Техническим результатом изобретения является возможность определения работоспособности и качества смазочного материала по браковочным показателям, а также дефектов в системах охлаждения, зажигания, очистки поступающего на смешение с топливом воздуха от пыли, топливной аппаратуре[7].

Недостатками данного прибора являются:

1. невысокая точность измерений некоторых показателей;
2. низкая степень автоматизации.

3.2.2 Прибор ИКМ-2

Прибор ИКМ-2 − индикатор качества масла (рисунок 3.5) был разработан сотрудниками кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» МАДИ ТУ (руководитель темы Л.С. Васильева, исполнитель Ю.А. Будько) и МП «Микротех» (г. Томск). В основу прибора положена резонансная схема колебательного контура[4].

Рисунок 3.5 – Прибор индикатор качества масла ИКМ - 2

Данный анализатор соответствует принципам самодостаточности, предъявляемым к приборам экспресс-диагностики. Прибор ИКМ-2 универсален, портативен, высокопроизводителен, способен определять разные диагностические параметры, не нуждается в химических реактивах, методически обоснован, оценка технического состояния агрегатов автосамосвалов выполняется по минимальному числу проб масла. Для анализа требуется порядка 1 грамм работающего масла. Это может быть несколько капель масла с масломерного щупа картера двигателя или иного агрегата. Метод колебательного контура является высокопроизводительным (1,5–2 мин/анализ), и по одному измерению способен выявить основные диагностические признаки масла (продукты износа, атмосферной пыли, воды, топлива, продукты окисления).

3.2.3 Портативный диагностический комплект КДМП-3

Прибор КДМП-3 осуществляет экспресс-диагностику масла физико-химическим методом. Анализ масел осуществляется с помощью трех приборов: вискозиметра, *ph*-метра и универсального прибора электротигеля специальной конструкции[12].

Рисунок 3.6 – портативный диагностический комплект КДМП - 3

КДМП-3 позволяет анализировать следующие свойства работающих масел:

- содержание охлаждающей жидкости в масле;
- диспергирующие–стабилизирующие свойства (ДСС);
- загрязненность общую;
- вязкость;
- содержание топлива в масле;
- нейтрализующие свойства;
- противоизносные и противозадирные свойства;
- наличие сильных кислот и щелочей;
- наличие абразивных частиц в масле;
- наличие средних и крупных металлических частиц.

Габаритные размеры футляра комплектов КДМП-3 400х310х80 мм, а масса не более 5 кг. Питание прибора осуществляется от бортовой сети транспортного средства 12 или 24 В либо от бытовой сети через понижающий трансформатор.

Конкурентные преимущества КДМП-3: благодаря использованию элементарных базовых физико-химических процессов, обеспечивается надежность получаемых оценок и долговечность средств, с помощью которых осуществляется анализ качества масла. Это позволяет отказаться не только от использования фирменных дорогостоящих расходных материалов, но и от дорогих и часто бьющихся стеклянных приборов и химической посуды, особенно когда они в полевых условиях находятся в руках механизатора.

Такой принцип разработки комплекта обеспечил ему низкую стоимость, высокую долговечность и независимость от расходных материалов[13].

3.2.4 Метод колебательного контура

Метод колебательного является одним из методов для оценки диэлектрических свойств масла.

Для измерения диэлектрической проницаемости среды при переменном токе используются методы [3]:

1. мостовой метод;
2. метод колебательного контура;
3. метод фазочувствительного выпрямителя;
4. определение диэлектрических потерь по величине затухания;
5. методы, основанные на использовании резонансных линий и объемных резонаторов;
6. калориметрический метод.

Измерение диэлектрической проницаемости проводится в широком диапазоне частот (от 0 до 10^{13} Гц), который нельзя охватить одним методом измерения. Метод измерения выбирается исходя из диапазона частот [3].

Для оценки свойств нефтепродуктов (ε =1,9...2,5) предпочтительным является измерение значения диэлектрической проницаемости при частоте (10^2–10^8 Гц) и комнатной температуре (~ 20 °С) [3].

Наиболее простым и информативным является метод по схеме колебательного контура от низкого напряжения (рисунок 3.8) [3].

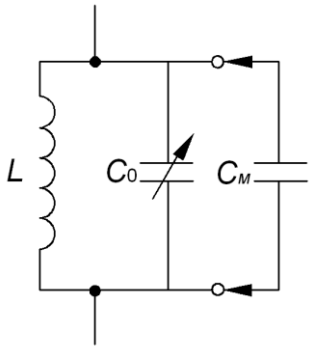


Рисунок 3.8 – Принципиальная схема колебательного контура

В колебательном контуре емкость измерительной ячейки $Cм$ включена параллельно катушке индуктивности L и переменной емкости C_0. Колебательный контур питается колебаниями постоянной частоты *fпост*. При отключении емкости измерительной ячейки $Cм$ колебательный контур настраивается подбором емкости C_0 в резонанс на частоту *fпост* [3].

Собственная частота колебательного контура определяется формулой Томсона [3]:

$$f = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C_0}), \quad (2)$$

где L – индуктивность, C_0 – переменная емкость. Колебательный контур настраивается подбором емкости C_0 в резонанс на частоту $f_{пост}$, причем $f_{пост} = f$.

При включении в схему емкость измерительной ячейки $Cм$, результирующая емкость возрастет до $C_0 + C_M$, а собственная частота колебательного контура уменьшается [3]:

$$f' = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot (C_0 + Cм)}}, \quad (3)$$

В этом случае условие резонанса нарушается. Для восстановления резонанса, уменьшается переменная емкость на величину емкости подключаемой измерительной ячейки $Cм$ [3].

Заполняя измерительную ячейку конденсатора чистым маслом с диэлектрической проницаемостью ε, емкость измерительной ячейки примет эталонную величину $Cэ$. Если в ячейке конденсатора заменить свежее масло работающим, то величина емкости ячейки $Cм$ будет отличаться величиной изменения диэлектрической проницаемости загрязняющего вещества [3].

Используя физические основы данного метода, проанализируем возможность резонансной схемы (рисунок 3.9) [3].

Схема содержит два отдельных генератора: опорный – 1 и перестраиваемый – 2. Опорный генератор имеет стабильную частоту f_1. Частота колебаний f_2 на выходе перестраиваемого генератора зависит от величины емкости измерительного датчика 4 – C_M, включенного в колебательный контур. Колебания опорной f_1 и перестраиваемой f_2 частот смешиваются в делителе 5 (частотном дискриминаторе). На выходе делителя появляются колебания разностной частоты [3]:

$$\Delta f = f_1 - f_2 \qquad (4)$$

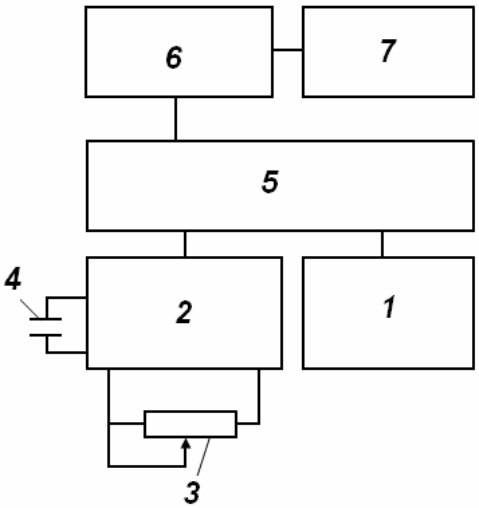


Рисунок 3.9 – Блок-схема измерительного прибора: 1 – опорный генератор; 2 – перестраиваемый генератор; 3 – переменный резистор; 4 – емкостной датчик; 5 – делитель; 6 – детектор; 7 – индикатор

В обоих случаях (3) и (4) величине сигнала, возникающего при расстройке контура за сет изменения емкости измерительной ячейки. Степень расстройки контура будет определяться величиной диэлектрической проницаемости загрязняющего компонента, оказывающей влияние на первоначальную частоту контура [3]:

$$N = \Delta f / f_1 \tag{5}$$

Основной результат по оценке свойств жидких диэлектриков достигается следующим образом. Первоначально на поверхность емкостного датчика – 4 (рисунок 3.9), находящегося в колебательном контуре, наносится свежее масло. Затем с помощью переменного резистора 3 выравниваются частоты между перестраиваемым 2 и опорным 1 частотными генераторами, устанавливая соотношение периодов колебаний опорного и перестраиваемого генераторов согласно формуле [3]:

$$К_1 \cdot f_1 = К_2 \cdot f_2 , \tag{6}$$

где $К_1$– частотный коэффициент деления опорного частотного генератора; $К_2$– частотный коэффициент деления перестраиваемого частотного генератора.

Затем в колебательном контуре перестраиваемого генератора, на чистую поверхность емкостного датчика наносится исследуемое работающее масло, и регистрируется изменение частоты перестраиваемого частотного генератора в результате изменения электрической емкости датчика. Оценка состояния масла осуществляется по отклонению частоты импульсов перестраиваемого частотного генератора от эталонного значения, полученного для свежего масла[3].

Для сравнения частот используется условный показатель импульсов, определяемый по формуле [3]:

$$N = \frac{K_1 \cdot f_1 - K_2 \cdot f_2}{K_1 \cdot f_1}, \tag{7}$$

где N – показатель импульсов, K_1 – частотный коэффициент деления опорного частотного генератора; K_2 – частотный коэффициент деления перестраиваемого частотного генератора.

Способ оценки осуществляется следующим образом. Опорный генератор вырабатывает импульсы с частотой ~ 100 кГц, которые подаются на делитель 5 с коэффициентом деления 60, а с него на схему сравнения, куда также поступают импульсы с частотой, поделенной в нашем случае на 256 вторым каналом делителя с перестраиваемого генератора (возможны и иные значения коэффициентов деления). Частота колебаний на выходе перестраиваемого генератора зависит от величины емкости измерительного конденсатора (емкостного датчика), который включен в колебательный контур, и определяет частоту f_2 перестраиваемого генератора [3]:

$$f_2 = K_R \cdot R \cdot C_м \,, \tag{8}$$

где R – сопротивление переменного резистора; K_R– коэффициент пропорциональности.

Конструкция емкостного датчика представляет собой плоский пленочный конденсатор, емкость которого определяется значением диэлектрической проницаемости среды, окружающей обкладки датчика. Емкость конденсатора от эталонной пробы масла определяется, как сумма емкостей «сухого» и заполненного чистым маслом датчика $(C_э = C_0 + C_м)$. Рабочая емкость конденсатора будет определяться суммой эталонной емкости и добавочной емкости от действия загрязняющих компонентов($\boldsymbol{C_м = C_э + C_з}$) [3].

Блок-схема (рисунок 3.9) вырабатывает положительный или отрицательный сигналы:

$K_1 \cdot f_1 > K_2 \cdot f_2$ – положительный сигнал; (9)

$K_1 \cdot f_1 < K_2 \cdot f_2$– отрицательный сигнал.

«Формула (6) является моделью оценки свойств работающих масел, определяемых в колебательном контуре, через импульсы частот, и соответствует

принципу оценки интенсивности загрязнения. Обозначим показатель импульсов N через значение индекса качества масла $И_{КМ}$ и запишем ввиде»[3]:

$$И_{км} = \frac{F_1 - F_2}{F_1}, \quad (10)$$

где F_1 и F_2 – тактовая частота опорного и перестраиваемого генераторов, Гц.

С увеличением концентрации загрязняющих компонентов, диэлектрическая проницаемость которых превышает ε работающего масла, будет наблюдаться рост емкости измерительной ячейки конденсатора. Однако, с ростом емкости $С_м$, наблюдается снижение частоты F_2, что объясняется обратно пропорциональной связью емкости и частоты для одноименной пробы масла [3].

3.2.5 ПАВ – Датчик вязкости жидких сред

Вязкость жидкой среды, т.е. способность оказывать сопротивление передвижению ее частиц, характеризует текучесть и подвижность жидкости. Чтобы повысить качество выполнения технологических операций контроля состояния движущихся в масляной среде металлических деталей, стабилизировать работу двигателей и турбин, необходимо оперативно измерять вязкость используемых жидких сред. Выполнение этой операции – сложная техническая задача, поскольку диапазон значений вязкости и температуры жидкости широк, а агрессивный характер среды, ее сложный химический состав, абразивные свойства и другие факторы зачастую осложняют этот процесс. Для традиционных датчиков серьезной проблемой оказывается и бесконтактное измерение температуры жидкой среды.

Однако эти задачи могут успешно решать устройства высокотехнологичной электроники, в которых используется распространение акустических волн в твердом теле [9].

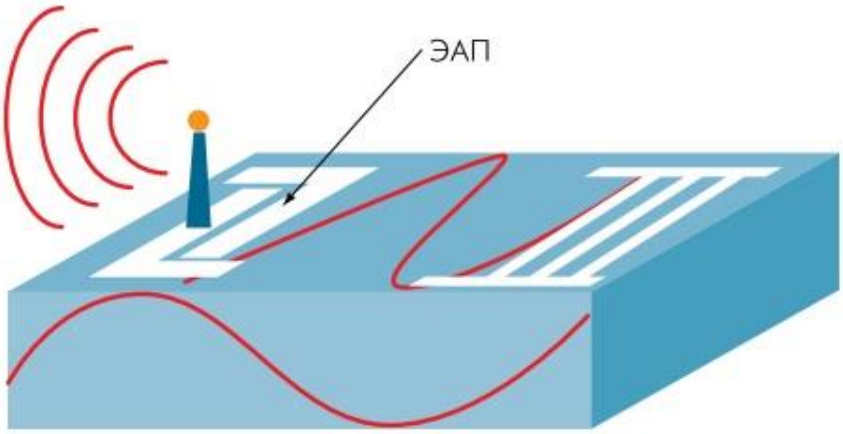


Рисунок 3.10 –Схема бесконтактного ПАВ–датчика

Вязкость жидкостей характеризует коэффициент, связывающий силу внутреннего трения и градиент скорости перемещения жидкости. Динамическая вязкость измеряется в пуазах (poise – P): 1 П = 0,1 Па·с = 0,1 Н·с/м^2 , кинематическая вязкость, нормирующая динамическую вязкость к плотности вещества в 1 г/см^3 , – в стоксах (stoks – St): 1 Ст = 1 см^2 /с. Разработчики отделения SenGenuity калибруют вязкость датчиков в единицах акустической вязкости (Acoustic Viscosity – AV): 1 AV = 0,01 П·г/см^3 . При измерении параметров вязкой жидкости датчиком на основе поверхностных акустических волн (ПАВ) на образец пьезокварца наносится слой контролируемой жидкости. Электроакустическим преобразователем (ЭАП) в пьезокварце возбуждается поверхностная или объемная акустическая волна (рисунок 3.10), которая распространяется между ЭАП и отражающей структурой. При этом возникает стоячая волна, что эквивалентно формированию электрической цепи, резонансная частота которой обратно пропорциональна удвоенному времени задержки акустической волны при распростране- нии между ЭАП и отражающей структурой [9].

Частотная характеристика проводимости такого датчика имеет вид резонансной кривой высокодобротного контура (рисунок 3.11б). Резонансная частота и максимальное значение проводимости зависят от температуры жидкости, ее вязкости и состава. По значению вязкости масла можно, например,

оценить концентрацию растворенного в нем бензина и, тем самым, контролировать качество смазки агрегатов двигателей и турбин. В качестве чувствительной поверхности в датчиках корпорации Vectron используются прочные алмазоподобные материалы, специально созданные по запатентованной технологии, что позволяет контролировать параметры жидкостей с абразивными свойствами или жидкостей, в состав которых входят химически агрессивные компоненты [9].

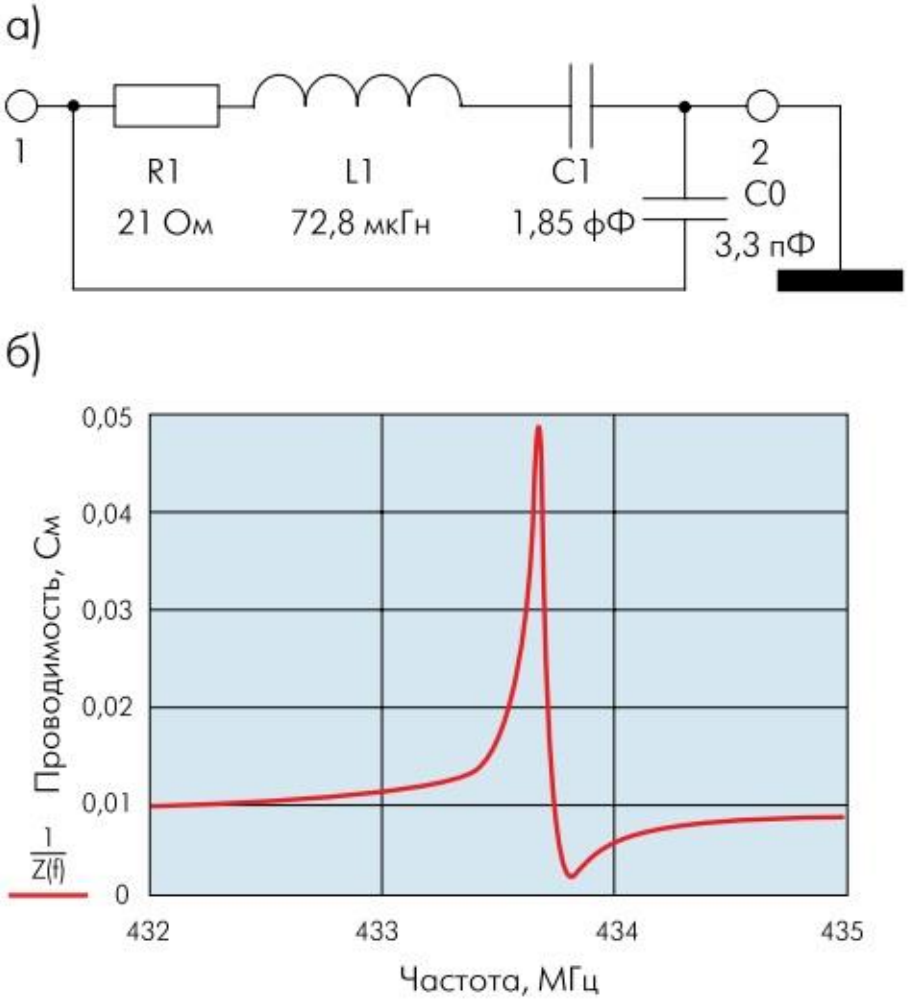


Рисунок 3.11 – Эквивалентная электрическая схема ПАВ-датчика TFSS433D (а) и частотная характеристика его проводимости (б)

Датчики на ПАВ выполняются в виде миниатюрных пленок или таблеток и применяются в различных устройствах – от электронных и промышленных систем до биомедицинских приборов [9].

К их достоинствам относятся:

- простая технология установки;
- получение результатов измерений в режиме технологического процесса;
- отсутствие движущихся частей;
- полное погружение в контролируемую среду;
- слабая чувствительность к вибрациям и к движущимся потокам в контролируемой среде;
- отсутствие операций калибровки и обслуживания у потребителя;
- малые размеры и возможность установки в разных точках агрегата;
- возможность измерения широкого диапазона значений контролируемой величины;
- устойчивость к коррозии;
- возможность работы в агрессивных средах с температурой до 250°С;
- большой срок службы;
- низкая цена и коммерческая доступность.

3.2.6 Датчик состояния масла ANALEX rs

Датчик состояния масла ANALEX rs (рисунок 3.12) позволяет производить контроль в режиме реального времени. Датчик использует микро-обработку, чтобы указать состояние масла, в том числе уровень загрязнения, относительно нового масла. Интервал работы масла может быть продлен на основании выходного сигнала датчика, на крупных промышленных двигателях, редукторах и подшипниках, где стоимость замены или мониторинга масла стоит дорого. Датчик исследует качество масла и сигнализирует, предотвращая необходимость в дорогостоящем плановом техническом обслуживании. ANALEX rs снижает общую стоимость эксплуатации машин путем исключения постоянных проверок и лабораторных проб, утилизации отработанного масла и последующего обновления.

Рисунок 2.12 – Датчик состояния масла ANALEXrs

Датчик состояния масла ANALEX rs предназначен для выявления наличие в масле следующих примесей и химических изменений масла:

- гликоль;
- вода;
- сажа;
- щелочное число масла;
- окисление;

Блок питания с дисплеем (рисунок 3.13) позволяет в автономном режиме контролировать состояние масла. Он поставляется в стандартной комплектации с оценочными комплектами и предназначен для вывода информации опрератору.

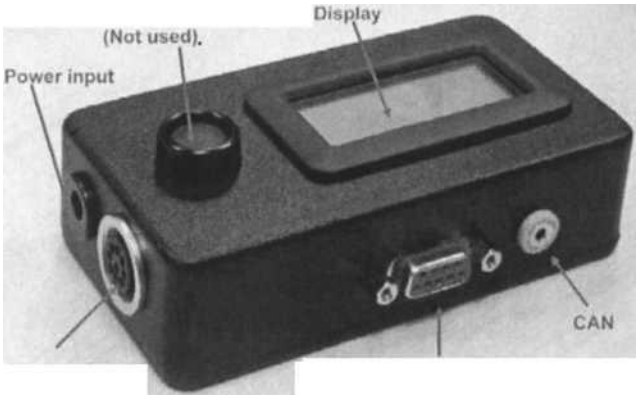


Рисунок 3.13 – Блок питания с дисплеем

Принцип действия основан на том, что загрязняющие вещества, такие как сажа, продукты окисления, воды, гликоль, влияют на диэлектрические свойства масла. Датчик состояния масла анализирует составную часть диэлектрического свойства масла, известного как «тангенс угла диэлектрических потерь», который

изменяется пропорционально количеству загрязняющих веществ. Этот метод измерения чувствителен к загрязнениям, но менее чувствителен к содержанию пакетов присадок, которые увеличиваются с введением полярных молекул, таких как сложные эфиры, альдегиды и кетоны. Индивидуальные примеси не могут быть идентифицированы дискретно. Тем не менее, в качестве инструмента, пользователь контролирует выходной сигнал датчика для изменения и скорости изменения. Это является следствием изменения и скорости изменения тангенса угла диэлектрических потерь, и следовательно, состояния масла. Эти изменения свойств масла доведены до оператора через обработку электроники и сигнала внутри самой головки датчика.

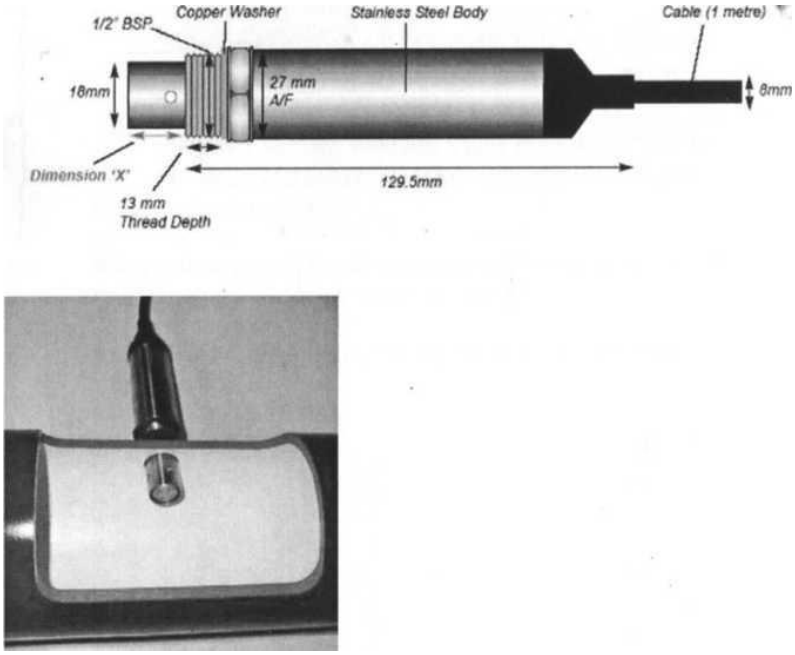


Рисунок 3.14 – Датчик состояния масла и его размеры

Единицы измерения масла:

Датчик состояния масла указывает на состояние масла, используя шкалу от 0 до 100. После калибровки на 0, новое масло с ухудшением его качества, будет увеличивать значение на шкале.

Пример применения:

Масло впервые слито с автомобиля и датчик состояния масла установлен. Заливается новое масло. После чего, при нормальной рабочей температуре, датчик будет настроен на новое масло, и выходной сигнал датчика автоматически

устанавливается в ноль (калибровка). Затем автомобиль используют в обычном режиме.

Когда значение на дисплее равно определенному значению, 30 например, планируется замена масла. Интервал времени от 0 до 30, займет, по крайней мере, тот же интервал, что и в руководстве по обслуживанию автомобиля, но во многих случаях будет больше. Высокая нагрузка, тяжелые условия и частые холодные пуски, очевидно, ускорят этот интервал.

Если для сравнения, значение быстро меняется, за две недели, например, можно предположить, что это свидетельствует о неисправности в системе смазки или автомобиля. Возможные примеры включают в себя утечки охлаждающей жидкости, попадания грязи или перегрева. Симптомы должны быть исследованы при первой же возможности.

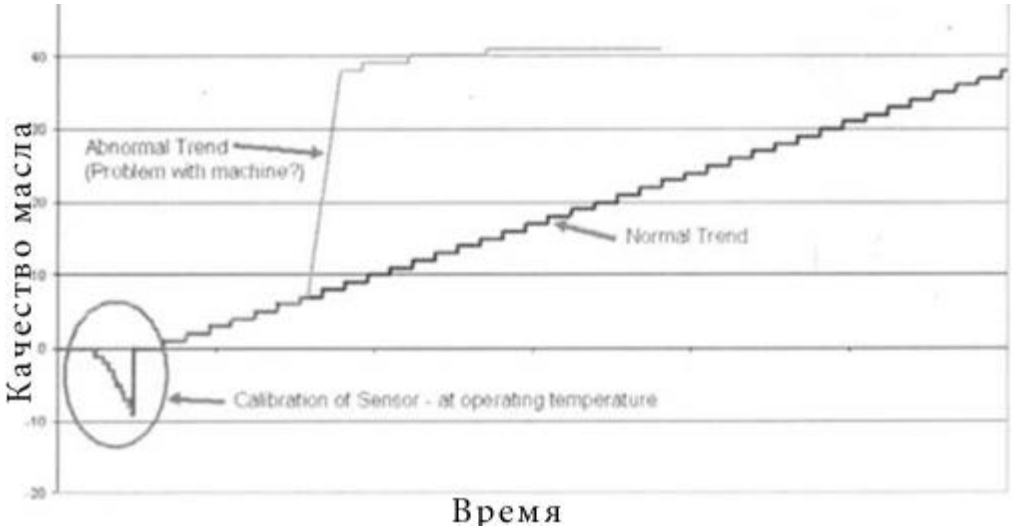


Рисунок 3.15 – Сравнительный пример исправного ТС и неисправного ТС

Уровень предупреждения:

Датчик указывает на состояние масла, относительно начальной точки калибровки (рисунок 3.16). Он предназначен для работы со многими типами масел, имеет номинальный рабочий диапазон от 0 до 100 единиц.

Предположим, что: 25 = предупреждение и 35 = оповещение. Период изменения от 0 до 35, в большинстве случав, будет как минимум такой же, как и в руководстве по обслуживанию автомобиля, но во многих случаях будет больше.

Высокая нагрузка на автомобиль, суровые условия и частые холодные запуски, очевидно, ускорят этот интервал. Разница между уровнем предупреждения и уровнем оповещения должна быть не менее 5 единиц[17].

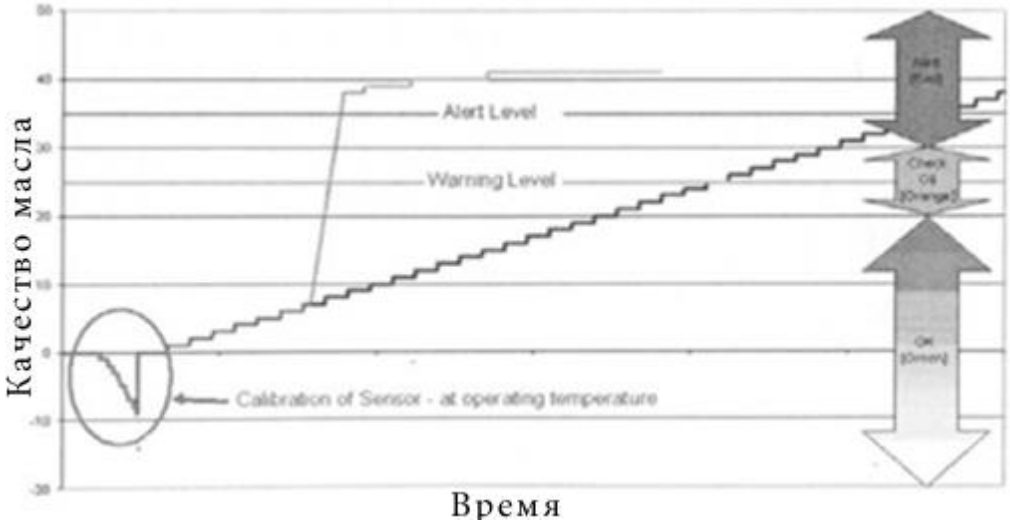


Рисунок 3.16 – Уровни предупреждения и оповещения

3.2.7 Пример сравнительного анализа экспресс-приборов КДМП-3 и ИКМ-2

В работах проф. Ю.А. Васильева [11] и проф. Ю.А. Гурьянова [12] были заложены концептуальные основы разработки портативных средств экспресс-диагностирования. В основу такой концепции легли следующие требования: простота и низкая трудоемкость; возможность использования в полевых и стационарных условиях; минимальное количество расходных материалов; возможность качественной и количественной оценки показателей; применение универсальных методов и средств, позволяющих одновременно оценивать несколько параметров; отсутствие потребности в стеклянной лабораторной посуде; возможность дублирования состояния диагностических свойств другими методами; возможность достоверного принятия решения по сформированному комплексу показателей, а также был выполнен анализ служебных свойств и потребительских предпочтений[3].

Важным критерием для сравнения является возможность интеграции прибора в АТС при осуществлении доработки прибора (таблица 3.4).

Рассмотренный портативный комплект КДМП-3 показал высокие диагностические показатели, что говорит о возможности его применения в качестве альтернативы лабораторного анализу. О невозможности интгерации КДМП-3 говорит наличие в комплекте вискозиметра и электротигеля.

Таблица 3.4 – Сравнение приборов экспресс-диагностики

		Наименование приборов	
	Критерий для сравнения	Портативный комплект КДМП-3,РФ	Анализатор качества масла ИКМ-2,РФ
		Физико- химический метод	Метод колебательного контура
Диагностические показатели	Наличие охлаждающейжидкости	да	да
	Наличие топлива	да	да
	Вязкость	да	-
	Диспергирующие свойства	да	-
	Механические примеси	да	да
	Наличие абразивных частиц	да	да
	Наличие металлических частиц	да	да
Индивидуальные потребительские свойства	Масса комплекта до 0,5 кг	-	да
	Низкая стоимость (до 5 тыс.руб.)	-	да
	Единое приборное исполнение	-	да
Служебные свойства приборов	Простота и низкая трудоемкость	да	да
	Возможность использования в полевых условиях	да	да
	Определение однозначного распознавания состояния масла	да	да
	Возможность интеграции прибора	нет	да
	Сумма баллов	10	12

Сравнительный анализ показал, что наилучшим прибором для экспресс-диагностики моторного масла является метод колебательного контура ИКМ-2, за счёт низкой стоимости, лучших массогабаритных показателей, а также простой

конструкции и метода обработки измерительного сигнала. Благодаря специальному алгоритму ИКМ-2 способен определить тип загрязнителя.

3.4 Метод «Масляного пятна»

В процессе эксплуатации возникает необходимость в определении возможности дальнейшего использования моторного масла. Разработан комплекс методов, позволяющих достаточно точно определить остаточную эффективность присадок, кислотного и щелочного числа и других параметров, характеризующих работоспособность масла. Однако большинство из методов требует значительного лабораторного оборудования, специальных химикатов и времени. Для продолжения использования моторного масла необходимо присутствие в нем активной части присадок с моюще-диспергирующими свойствами. Моющие составляющие присадки предназначены для снижения склонности масел к образованию отложений на нагретых деталях, а диспергирующие для удержания в объеме масла примесей органического и неорганического происхождения, препятствуя их осаждению на поверхностях деталей и в смазочной системе (лат. dispergo — рассеивать).

Для оценки диспергирующей способности работавшего масла применяют метод «масляного пятна» (капельной хроматографии). Он предусматривает нанесение на фильтрованную бумагу капли горячего масла, взятого маслощупом из поддона картера сразу же после остановки двигателя. Через два часа образующая хроматограмма может быть использована для оценки диспергирующих свойств.

При хорошей диспергирующей способности присадки образуется темная центральная часть пятна (ядро), окруженная более светлой периферийной частью (зона диффузии). Различие в окраске ядра и зоны диффузии обусловлено осаждением в центре крупных частиц загрязнений и на переферии — мелко дисперсной части примесей. Чем больше площадь диффузии, тем выше диспергирующая способностьмасла.

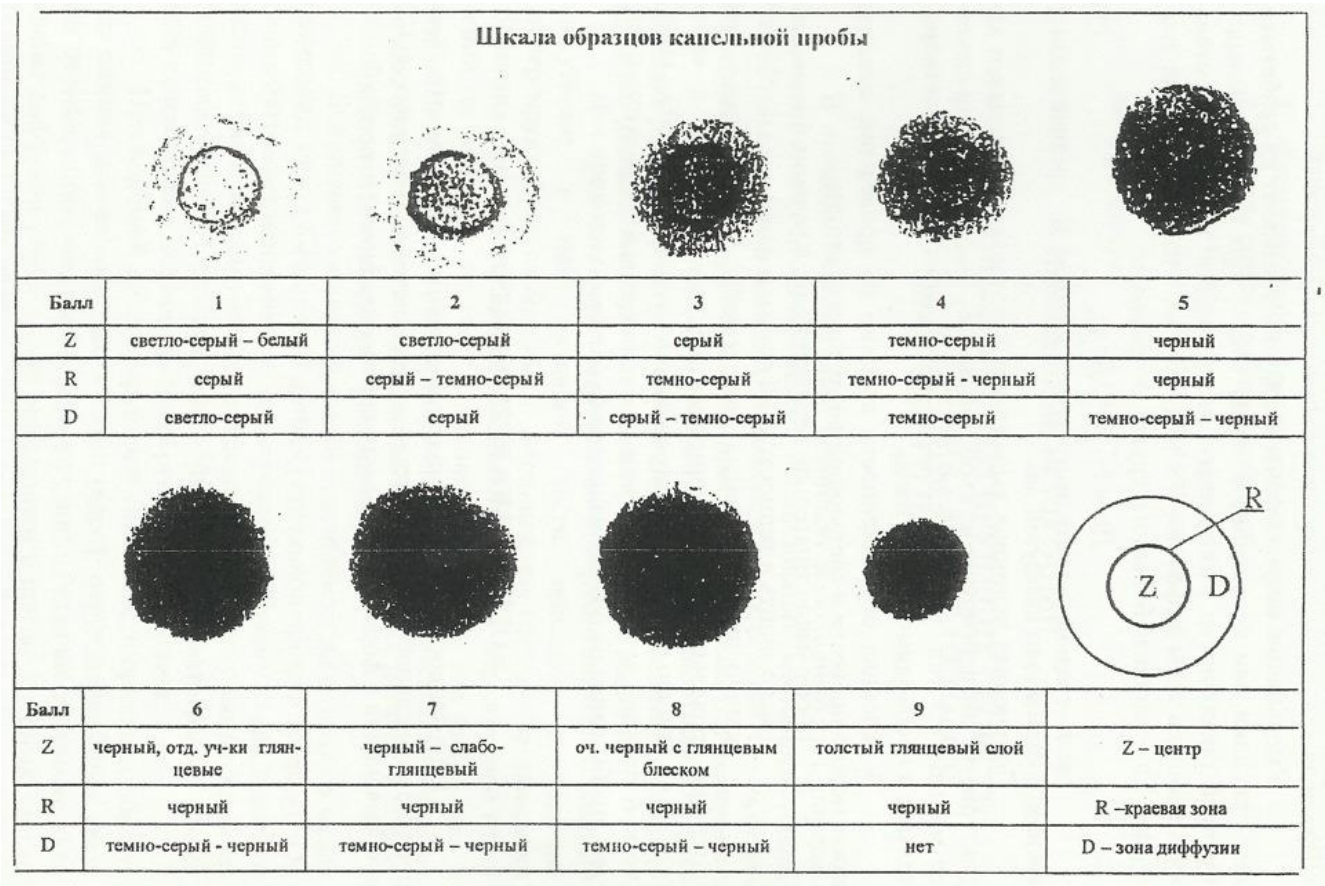
Уменьшение ширины зоны диффузии указывает на срабатывание присадки или на наличие в масле воды. Для оценки диспергирующей способности работавшего масла подсчитывают относительную площадь зоны диффузии (Ркд/Рд, где Ркд — площадь кольца диффузии, Рд — площадь большого круга), по формуле:

$$Дс = 1 — (d2 /Д2), \quad (3)$$

где d - средний диаметр центрального ядра, мм;

Д - средний диаметр внешнего кольца зоны диффузии, мм.

Полученная величина выражается в условных единицах и характеризует диспергирующие свойства масла. Если величина окажется меньше 0,3 усл.ед., то диспергирующие свойства неудовлетворительны и необходима замена масла.



Балл	1	2	3	4	5
Z	светло-серый – белый	светло-серый	серый	темно-серый	черный
R	серый	серый – темно-серый	темно-серый	темно-серый - черный	черный
D	светло-серый	серый	серый – темно-серый	темно-серый	темно-серый – черный

Балл	6	7	8	9	
Z	черный, отд. уч-ки глянцевые	черный – слабо-глянцевый	оч. черный с глянцевым блеском	толстый глянцевый слой	Z – центр
R	черный	черный	черный	черный	R –краевая зона
D	темно-серый - черный	темно-серый – черный	темно-серый – черный	нет	D – зона диффузии

Рисунок 3.16 – Шкала образцов капельной пробы

Обработка результатов

Полученное пятно сравнивают с пятнами таблицы и «Шкалой образцов капельной пробы», которая кроме рисунков образцов содержит пояснения в форме таблицы (см. шкалу образцов кап. пробы). Оценка от 1 до 3 балла — показатель очень хороший; от 3 до 5 баллов — хорошо; от 5 до 7 — посредственно; от 7 до 8 — плохо; 8, 9 -очень плохо и масло подлежит замене.

Моющие составляющие присадки оценивают по присутствию на масляном пятке краевой зоны. При этом оценка диспергирующих свойств по шкале должна быть от 1 до 5 баллов. В противном случае масло подлежит замене.

3.4.1 Check Car Engine - программа на базе Android

Принцип работы приложения для мобильных устройств на базе Android, разработанного компанией Softomas P.E., основан на методе «Масляного пятна».

Назначение

Приложение *Диагностика Масла и Двигателя* (*Check Car Engine*) позволяет оценить реальное состояние моторного масла и провести экспресс-диагностику двигателя автомобиля. Для этого необходимо:

- ввзять подходящий листок бумаги;
- нанести на него одну каплю масла из картера прогретого двигателя;
- дать сформироваться масляному пятну;
- выбрать подходящие условия освещения:
- сделать снимок пятна при помощи приложения *Check Car Engine*.

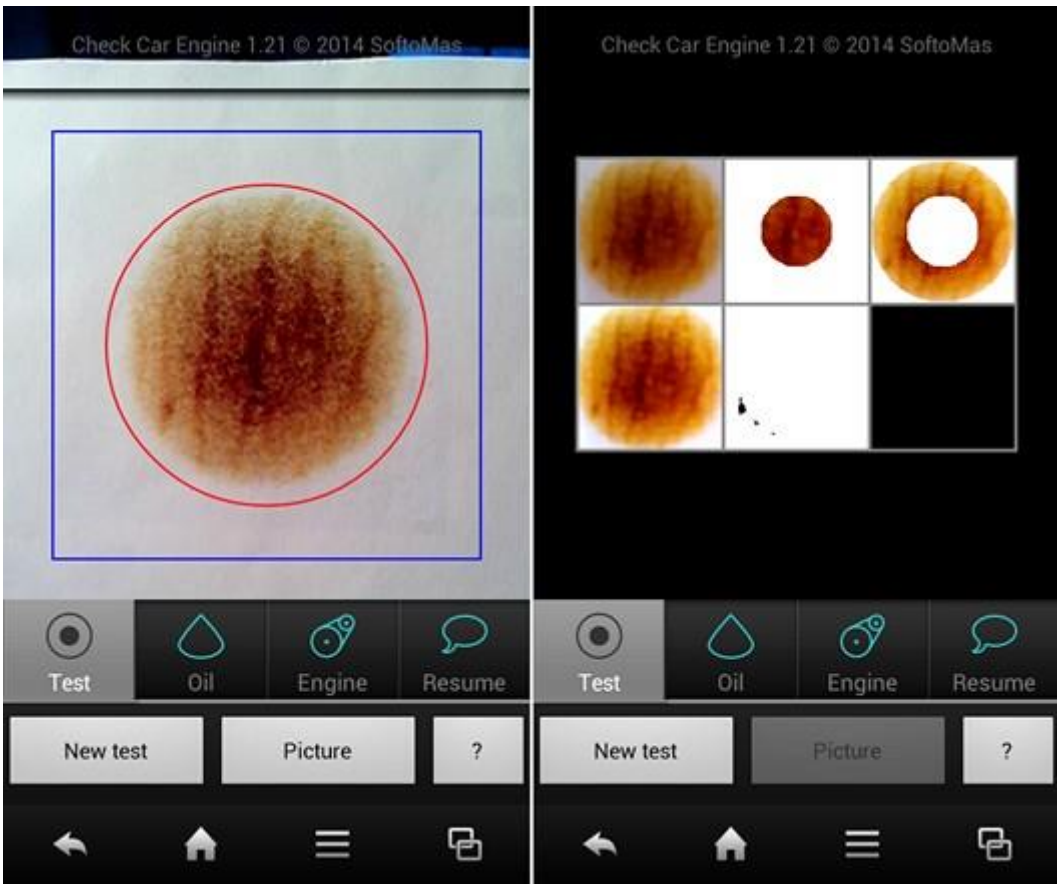


Рисунок 3.16 – Интерфейс работы приложения Check Car Engine

Далее приложение:

1. производит снимок сформированного капельного теста моторного масла; анализирует качество снимка и при необходимости выдает рекомендации по изменению условий съемки;
   распознает тест моторного масла, определяет его тип, границы и общие свойства;
2. производит детальный анализ теста и выявляет наличие в моторном масле механических примесей, воды и антифриза;
   оценивает степень окисления моторного масла и степень утраты им моюще-диспергирующих свойств;
3. формирует отчет о состоянии моторного масла, в котором даются оценки свойств масла по отношению к предельно допустимым значениям, а также интегральная оценка оставшегося ресурса;
4. оценивает состояние различных подсистем двигателя, неисправности которых могут вызывать изменение состояния и свойств моторного масла; оценивает риски эксплуатации различных подсистем двигателя, обусловленные реальным состоянием моторного масла;

5. формирует рекомендации по смене масла, диагностике и ремонту двигателя; оценивает возможность дальнейшей эксплуатации двигателя и дает прогноз пробега до момента смены масла, если двигатель исправен.

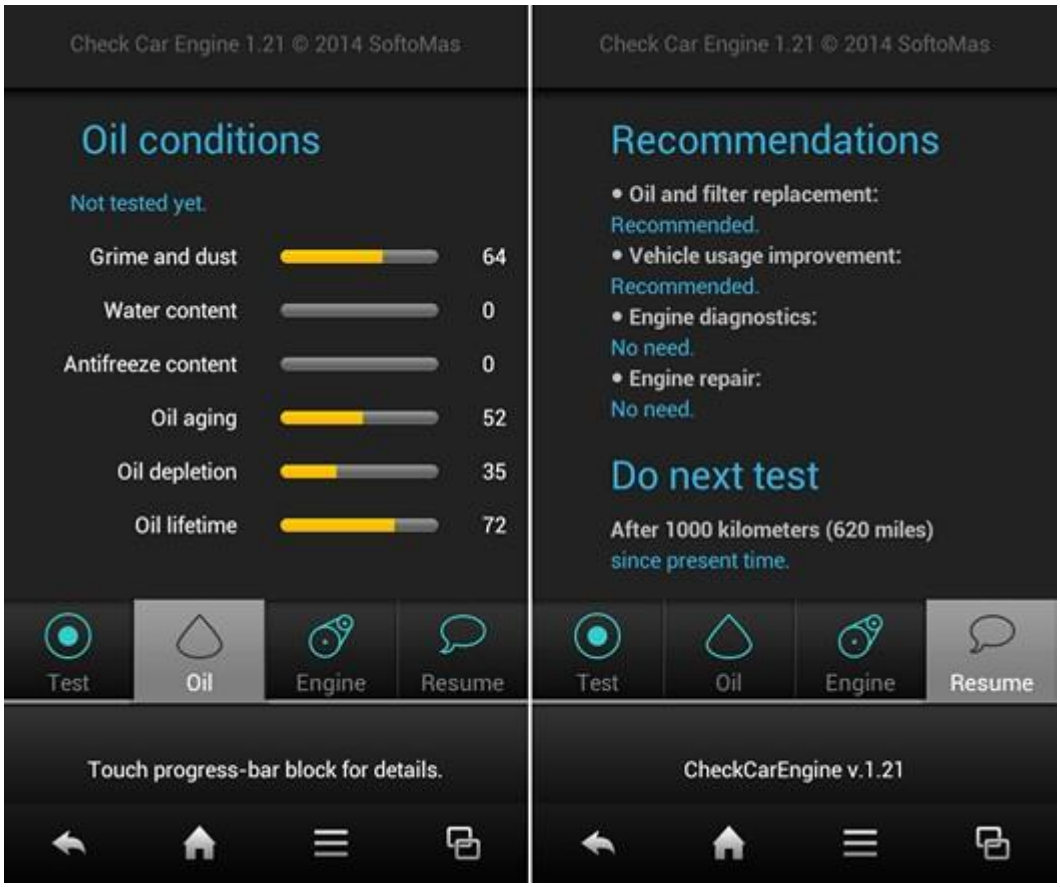


Рисунок 3.16 – Обработка результатов приложения Check Car Engine

Применение

Существуют классические случаи, когда капельный тест, являющийся единственным достоверным и доступным источником информации о состоянии моторного масла, совершенно незаменим в практической ситуации или служит дополнением других проверок или диагностики. Вот некоторые из них:

- контроль текущего состояния и необходимости смены масла;
- демонстрация состояния двигателя при продаже авто с пробегом;
- проверка состояния двигателя при покупке авто с пробегом;
- дублирующий контроль других видов диагностики двигателя;
- контроль качества выполненного ремонта двигателя;
- поиск скрытых дефектов двигателя, не обнаруживаемых другими способами;
- самостоятельный профилактический контроль исправности двигателя.

Возможности приложения:

- обработка капельных тестов моторного масла, имеющего пробег не менее 1000 км (600 миль);
- возможность обработки тестов, выполненных как на специальной, так и на произвольной бумаге;
- автоматическое распознавание тестов моторного масла бензиновых и дизельных двигателей для учета их специфики при расчетах;
- использование при естественном или искусственном освещении;
- максимально близкие результаты для устройств с камерами различного качества и различного технического уровня;
- достаточно быстрая обработка тестов на устройствах с ограниченной производительностью;
- встроенное Руководство Пользователя;
- встроенная база данных, обеспечивающая хранение выполненных тестов;
- средства редактирования информации, относящейся к новым и сохраненным тестам.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ:

1. Диэлектрическая проницаемость – интегральный показатель, характеризующий комплексные изменения состояния масла.

2. Установлено что, время эксплуатации моторных масел существенным образом влияет на значение их относительной диэлектрической проницаемости.

3. Установлено влияние основных загрязнителей на величину диэлектрической проницаемости моторного масла.

4. У всех методов, датчиков и приборов для оценки качества масла есть свои достоинства и недостатки.

5. Сравнительный пример экспресс-приборов ИКМ-2 и КДМП-3 показывает, что наилучший экспресс-метод для оценки состояния моторного масла является метод колебательного контура (ИКМ-2). Можно сделать заключение о возможности внедрения метода колебательного контура в систему АТС.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

4.1 Методика эксперимента и описание установки

Лабораторная установка (Рисунок 4.5) состоит из генератора стандартных сигналов ГСС Г4–18А (Рисунок 4.1).

Таблица 4.1 –Генератор стандартных сигналов ГСС Г4–18А

Диапазон частот	100 кГц... 35 МГц (перекрывается шестью поддиапазонами)
Погрешность установки частоты	не более ±1%
Выходные напряжения	0,1 мкВ ... 0,1 В на нагрузке сопротивлением 75 Ом; некалиброванное — 0,1 ... 1 В на нагрузке сопротивлением около 100 Ом; максимальное (в режиме непрерывной генерации) — около 2 В.
Погрешность установки опорного значения выходного напряжения	0,1 В — не более ±10... 6%; изменение его за 10 мин после прогрева прибора в течение 1 ч — не более ±2% в диапазоне частот 0,1 ... 30 МГц и ±3,5% на частотах 30 ... 35 МГц.

Рисунок 4.1 – Генератор стандартных сигналов ГСС Г4–18А

Таблица 4.2–Осциллограф цифровой Tektronix TDS - 2022C

Полоса пропускания	200 МГц
Число каналов	2
Погрешность вертикального отклонения по постоянному току	±3 %
Возможности	Автоматическая настройка одной кнопкой параметров систем запуска, вертикального и горизонтального отклонения для всех каналов (с возможностью отмены).
Максимальное входное напряжение	300 Вср.кв. (КАТ II); снижается со скоростью 20 дБ/декаду при частоте более 100 кГц до 13 Впик-пик при 3 МГц

Рисунок 4.2 – Двухлучевой осциллографа TDS-2202

Осциллограф цифровой Tektronix TDS2022C (рисунок 4.2) обеспечивает точную регистрацию данных в реальном масштабе времени, вплоть до полного значения полосы пропускания, одинаковую длину памяти при всех значениях временной развертки, сложные режимы синхронизации, позволяющие выделить необходимые сигналы и 16 видов стандартных автоматических измерений во всех моделях. Возможности выполнения быстрого преобразования Фурье (БПФ), а также математические функции сложения, вычитания и перемножения

осциллограмм позволяют анализировать работу схем, определять их характеристики и устранять неполадки.

Конденсатор в виде пластин с расстоянием между пластин d = 0,00115м и площадью пластин S=0,0111м , емкости для исследуемого масла (Рисунок 4.3), резистора 100 Ом.

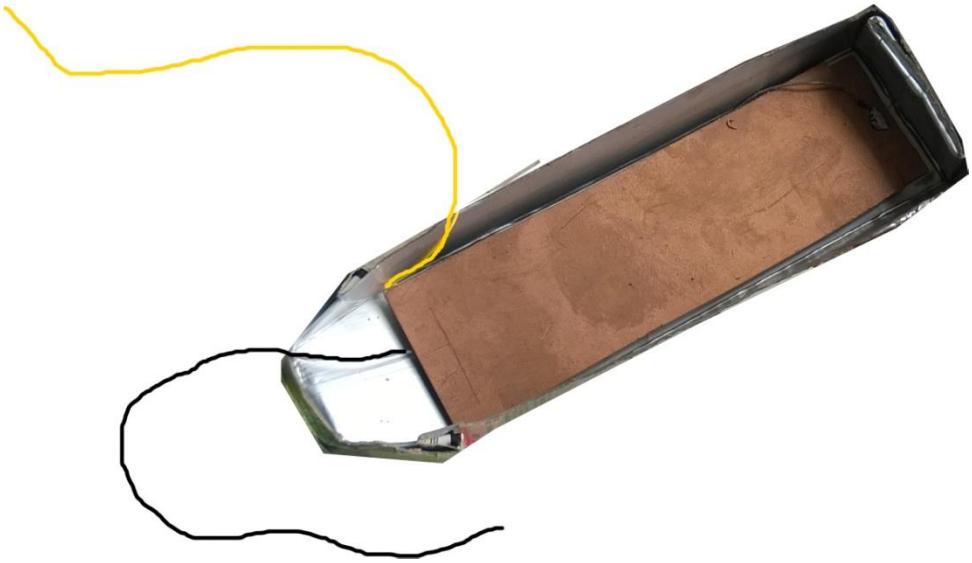


Рисунок 4.3 – Ёмкость для исследуемого объекта

Методика выполнения работы:

Диэлектрики это вещества, в которых нет свободных зарядов, а потому и токов проводимости. Разместить диэлектрическое вещество между пластинами конденсатора, имеющими разные потенциалы, означает внести его во внешнее электростатическом поле. Это поле создают сторонние заряды, имеющиеся на обкладках (пластинах) конденсатора.

Зависимости, связывающие эффективную диэлектрическую проницаемость масляной среды ε* с измеряемыми физическими величинами, формально оцениваются напряженностью электрического поля

$$E = \frac{U}{d}, \tag{11}$$

и емкостью конденсатора

$$C_i = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon^* S}{d}, \tag{12}$$

где U – разность потенциалов; d – толщина диэлектрика (расстояние между электродами); S – площадь электродов; ε_0 – диэлектрическая постоянная.

$$\varepsilon = \frac{d * C}{\varepsilon_0 * S}, \qquad (13)$$

Поступающие в масло загрязнения могут быть разделены на:

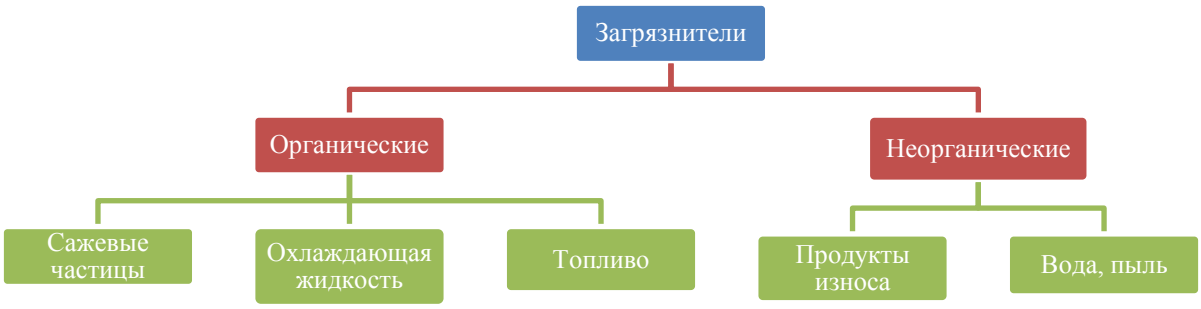


Рисунок 3.4 – Загрязнители моторного масла

Следует отметить, что появление в работавшем масле таких загрязнений, как сажевые и металлические частицы, является неизбежнымпри любыхусловиях работы двигателя. В то же время проникновение в масло охлаждающей жидкости и топлива может рассматриваться как явление случайное,специфичное лишь для определенных условий эксплуатации[15].

Для исследования влияния загрязнений на величину изменения диэлектрической проницаемости моторного масла, былисозданы модельные среды. Эти среды представляли собой чистое моторное масло Mobil Delvac MX 15W-40, загрязненное моторное масло Mobil Delvac MX 15W-40 (слитое с автомобиля после 10 тысяч километров пробега, с собственным пробегом автомобиля 64 тысячи километров), чистое моторное масло Kamaz Optimum 15W-40.

Порядок выполнения:

- собираем схему лабораторной установки, представленную на рисунке 4.5;

- погружаем конденсатор в ёмкость с исследуемым объектом так, чтобы между обкладками конденсатора равномерно распределилась исследуемая жидкость;

- включаем ГСС Г4–18А;

- включаем осциллограф TDS-2202, настраиваем на нужные нам параметры, а именно КУРСОР по типу – Амплитуда;

- выставляем на ГСС Г4–18А поочередно частоты выходного сигнала диапазона от 5 МГц до 30 МГц;

- снимаем показания с осциллографа и фиксируем их в таблице 4.3;

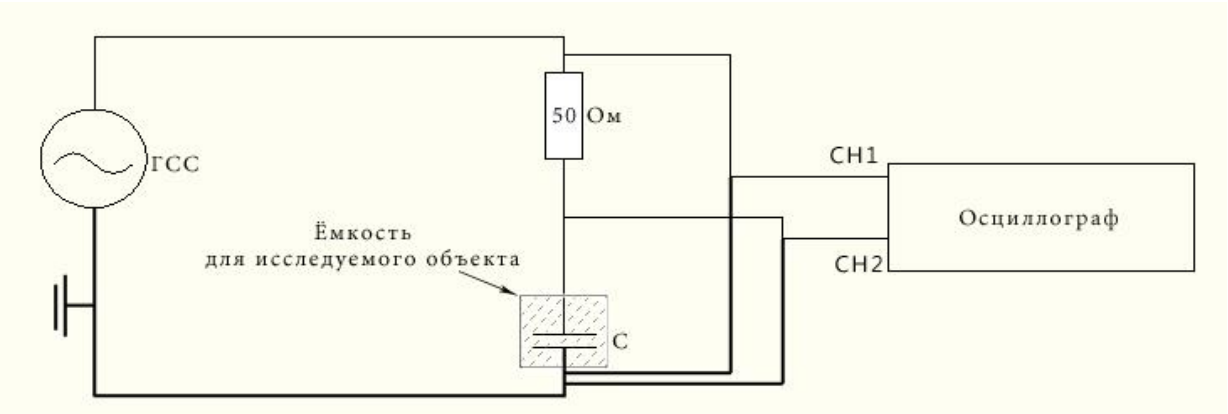


Рисунок 4.5 – Схема лабораторной установки: CH1- первый канал осциллографа, CH2 –второй канал осциллографа, ГСС – генератор стандартных сигналов, C – конденсатор в виде двух пластин

В ходе эксперимента были получены данные:

Таблица 4.3 – Результаты эксперимента

Наименование	Измеряемые параметры	Фиксируемые значение		
Чистое Mobil Delvac MX 15W-40	f, МГц - Частота	30	25	20
	Ur, мВ – Напряжение на резисторе	680	760	880
	Uc, В – Напряжение на конденсаторе	2,64	1,64	1,26
Расчётное значение	ε - Относительная диэлектрическая проницаемость	1,562	2,181	2,264

Продолжение таблицы 4.3

Чистое моторное масло Kamaz Optimum (SAE – 15W-40)	f, МГц – Частота	30	25	20
	Ur, мВ – Напряжение на резисторе	720	720	840
	Uc, В – Напряжение на конденсаторе	2,96	1,8	1,36
Расчётное значение	ε - Относительная диэлектрическая проницаемость	1,544	2,087	2,114
Загрязненное Mobil Delvac MX 15W-40 (Пробег на данном масле – 10тыс. км., Пробег автомобиля – 64тыс.км)	f, МГц - Частота	30	25	20
	Ur, мВ – Напряжение на резисторе	640	680	840
	Uc, В – Напряжение на конденсаторе	2,92	1,74	1,24
Расчётное значение	ε - Относительная диэлектрическая проницаемость	1,786	2,073	3,124

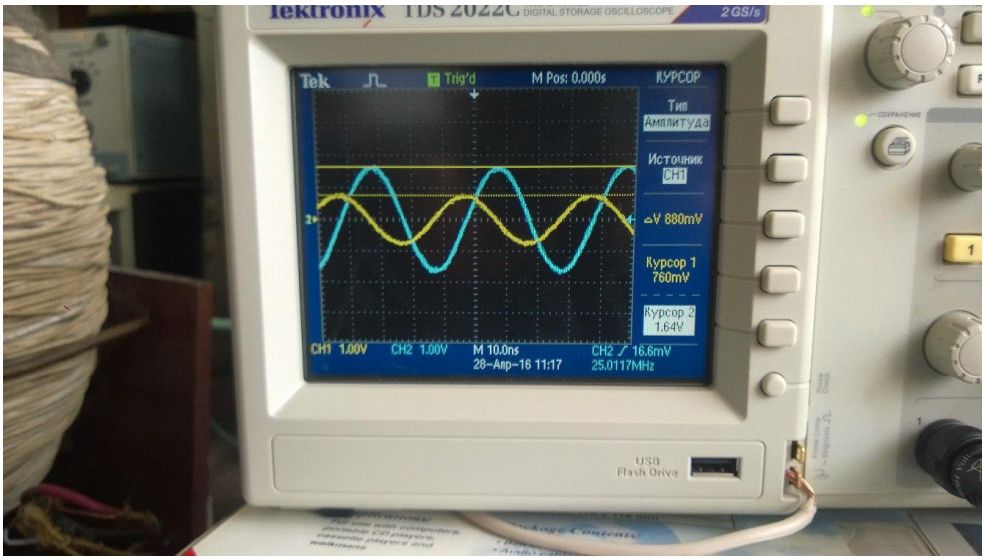


Рисунок 4.6 – Чистое моторное масло MobilDelvacMX 15W-40, на частоте 25 МГц

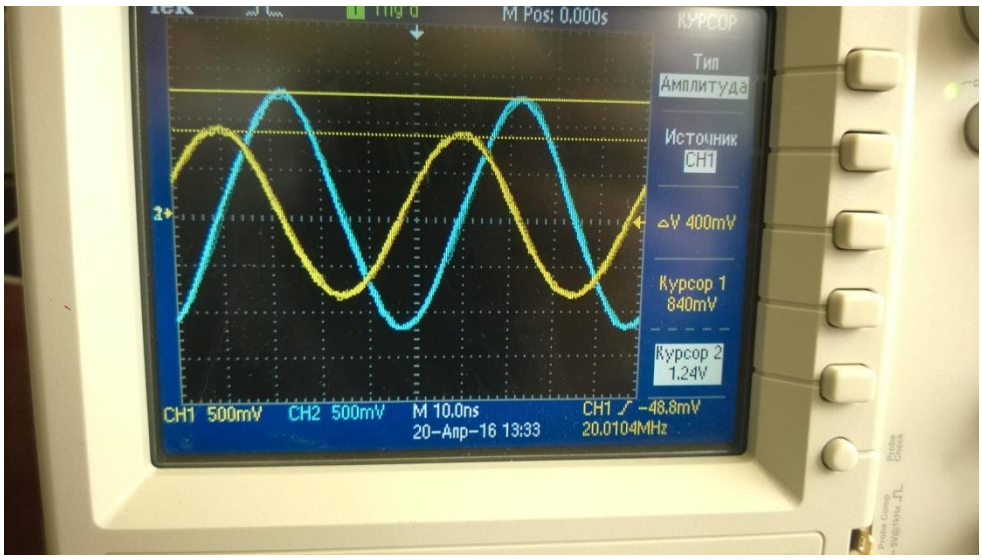


Рисунок 4.7 – Mobil 15W-40 после пробега 10 т. км

U_r - Напряжение на резисторе (14)

U_c - Напряжение на конденсаторе (15)

$U = U_r + U_c$ - Напряжение цепи (16)

$I = \frac{U}{r}$ - Ток в цепи (17)

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ - Угловая частота (18)

$U_c = I \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$ - Напряжение на конденсаторе (19)

$C = \frac{I}{U_c \cdot \omega}$ - Емкость конденсатора (20)

$\varepsilon = d \cdot \frac{C}{\varepsilon_0 \cdot S}$ - Диэлекртическая проницаемость (21)

В опыте с маслом Mobil Delvac MX 15W-40 (новое, без загрязнений), мы видим, что на частоте 25 МГц (таблица 4.3), значение относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 2{,}181$, что характерно для чистого моторного масла.

Далее на опыте с маслом MobilDelvacMX 15W-40(загрязненное, после эксплуатации автомобиля в 10000 км., пробег автомобиля 64000 км.) мы наблюдаем,

что на частоте 20 МГц, значение относительной диэлектрической проницаемости увеличилось до $\varepsilon = 3{,}124$, что характерно для загрязненного масла.

После чего, на опыте было исследовано масло KAMAZ OPTIMUM(SAE – 15W-40), и мы наблюдаем ту же картину, что и с маслом Mobil Delvac MX 15W-40, и что значение относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon = 2{,}087$, что является характерным для чистого моторного масла.

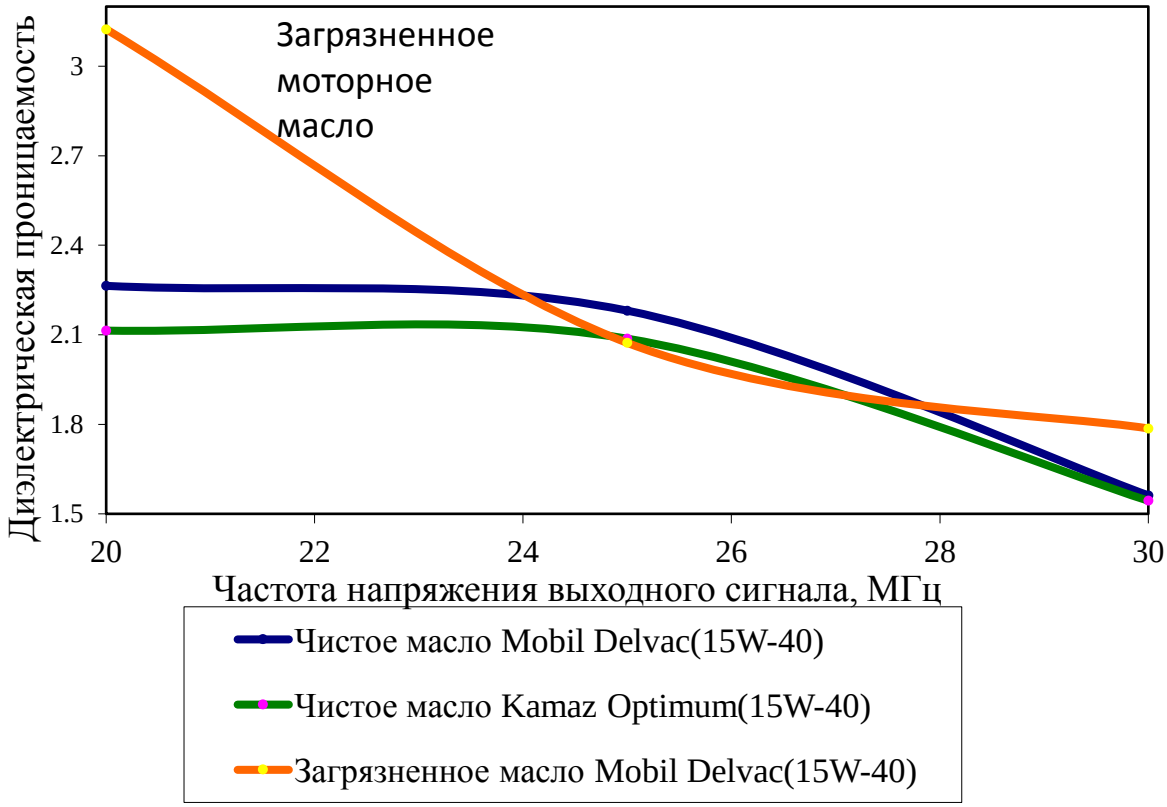


Рисунок 4.8 – Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты напряжения выходного сигнала

Из диаграммы (рисунок 4.8) мы видим, форма кривых чистых моторных масел на всем диапазоне частот имеет одинаковую форму, а форма кривой загрязненного моторного масла отличается, и это отчетливо видно в диапазоне частот от 20 до 25 МГц. На частотах более 25 МГц разница становится менее заметной.

4.2 Пример реализации электрофизического метода контроля параметров работающего масла

Примером реализации электрофизического метода диагностирования параметров работающего масла служит датчик состояния масла BMW.

Многие компании в последние годы активно разрабатывают датчики состояния масла двигателя (англ. Oil condition sensors) — надежный и эффективный в стоимостном выражении способ решения ряда проблем экономического и экологического характера. Эти датчики осуществляют комплексный мониторинг состояния масла в реальном времени, информируя ЭБУ (электронный блок управления) в режиме реального времени (рисунок 4.9).

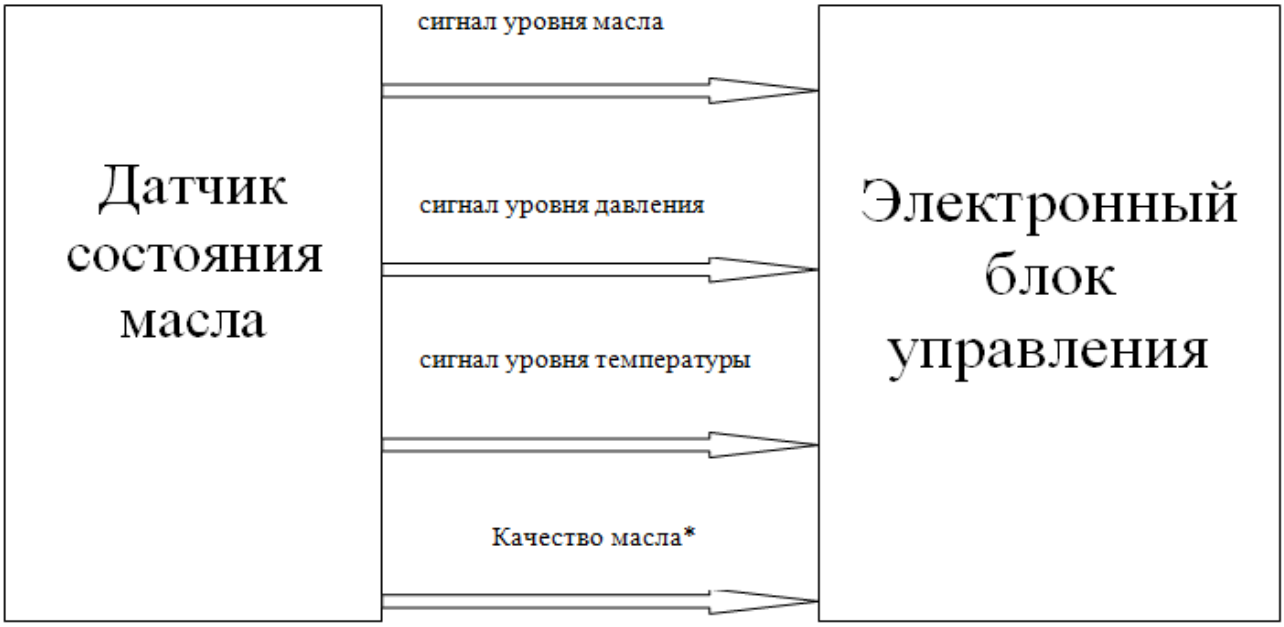


Рисунок 4.9 – Сигналы датчика состояния масла

примечание:* – качество масла, определяется диэлектрической проницаемостью или вязкостью

Назначение датчика состояния масла:

- минимизировать цену эксплуатации масла и простои машины, допустить большие интервалы между заменами масла, уменьшая потребительские расходы;

- точно указывать срок замены масла;
- поддерживать необходимый уровень масла;
- уменьшать загрязнение окружающей среды;
- регулировать расположение масляного фильтра;
- защищать двигатель;
- уменьшать гарантийные издержки.

Датчик состояния масла помогает защищать двигатель посредством ранней диагностики сбоев, подачи тревоги водителю и невозможности запуска, если падает не только уровень, но и качество масла, что может быть следствием превышения срока службы масла или указанием на проблемы с двигателем. С высокой точностью определяется оптимальное время замены масла.

Датчик состояния масла в автомобилях BMW

Рассморим датчик состояния масла, установленный в автомобиле BMW E92. Для описания датчика рассмотим:

- *конструкцию датчика;*
- *принцип действия;*
- *место установки.*

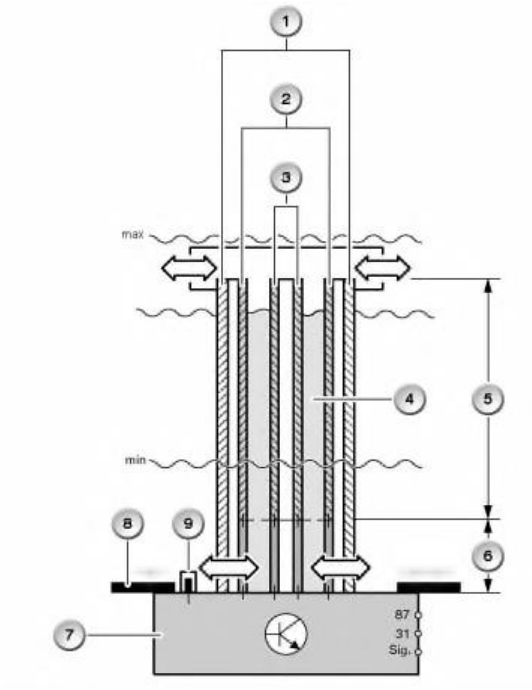


Рисунок 4.10. Конструкция датчика состояния масла;

Обозначения: 1 – корпус, 2 – внешняя трубка, 3 – внутренняя трубка, 4 – масло, 5 – диапозон измерения уровня масла, 6 – диапазон измерения состояния моторного масла, 7 –электронный блок обработки, 8 – масляный картер, 9 – датчик температуры.

Конструкция

Датчик уровня масла состоит из двух расположенных по вертикали цилиндрических конденсаторов. Качество масла определяется с помощью нижнего, меньшего конденсатора.

В качестве электродов конденсатора используются две вставленные друг в друга металлические трубки. Между электродами в качестве диэлектрика находится масло. Датчик температуры находится на корпусе датчика состояния масла.

В корпусе датчика состояния масла размещен электронный блок обработки.

Принцип действия

Датчик состояния масла определяет следующие параметры:

- температура масла в двигателе;
- уровень масла;
- качество масла.

От датчика результаты измерения поступают в электронную систему управления двигателем (DDE).

Для ТО по состоянию системы контроля за техническим состоянием автомобиля (CBS – Condition Based Service) дополнительно определяется качество масла.

Диэлектрические свойства моторного масла изменяются в процессе его работы. В результате изменения диэлектрических свойств моторного масла изменяется емкость конденсатора.

Электронный блок обработки преобразует результат измерения емкости в цифровой сигнал.

Цифровой сигнал датчика поступает в DDE как показатель состояния моторного масла.

В дальнейшем система DDE на его основании производит расчет срока очередной смены масла в двигателе в рамках ТО по состоянию (CBS).

Для измерения уровня масла в верхней части датчика состояния масла установлен второй конденсатор. Конденсатор находится на одном уровне с маслом в масляном картере.

По мере понижения уровня масла изменяется емкость конденсатора. Электронный блок обработки генерирует на основании этого цифровой сигнал. Система DDE производит расчет уровня масла в двигателе.

Уровень масла, а также его температура и качество определяются непрерывно с момента включения зажигания.

Результат электронного контроля состояния масла отображается на дисплее управления.

Место установки датчика

Датчик состояния масла закреплен на масляном картере, доступ к нему обеспечивается снизу.

Для обслуживания по-прежнему предусмотрен маслоизмерительный щуп, несмотря на то, что производится электронный контроль уровня масла[14].

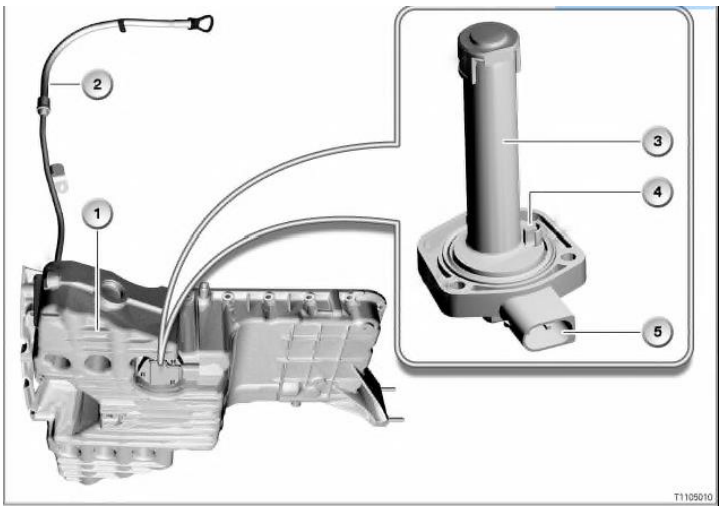


Рисунок 4.11 – место установки датчика состояния масла. Обозначения: 1 – масляный картер, 2 – направляющая трубка щупа, 3 – датчик состояния масла, 4 – датчик температуры, 5 – разъем для электронного блока обработки

Недостатком таких датчиков состояния масла является то, что они основаны на измерении только диэлектрической проницаемости.

В качестве недостатка данного типа датчика приведем пример: автомобиль долгое время простаивал. В масле появился конденсат, который естественным образом повлияет на диэлектрические свойства масла. На холодном двигателе, датчик состояния масла просигнализирует о том, что масло является не пригодным для эксплуатации, но как только двигатель прогреется до рабочих температур, конденсат начнет испаряться, и диэлектрические свойства масла снова придут в норму, и датчик перестанет сигнализировать.

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЁРТОЙ ГЛАВЕ:

1. На сегодняшний день отсутствуют такие датчики, которые бы с максимальной точностью оценивали техническое состояние масла, т.е. его качество и остаточный ресурс. Существуют лишь датчики, способные сигнализировать о условном состоянии масла, пригодном для эксплуатации, либо нет.

2. Емкостные датчики состояния масла имеют свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести: простота конструкции, интеграция в систему ЭБУ, серийный выпуск. К недостаткам: низкая степень точности, возможны частые отказы.

3. Экспериментальные исследования подтверждают зависимость диэлектрической проницаемости от загрязненности масла. Для точности эксперимента, важно выбрать рабочую частоту для косвенного определения состояния масла, с помощью такого показателя как диэлектрическая проницаемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы были рассмотрены основные эксплуатационные свойства масла и факторы влияющие на его характеристики.

Было установлено, что по изменению свойств моторного масла можно судить о работоспособности различных узлов и агрегатов автотранспортных средств. Различные виды загрязнителей, появляющиеся в масле могут говорить о неисправностях агрегатов и механизмов.

В работе рассмотрены два основных метода контроля качества масла. Физико-химический метод и метод исследования по диэлектрической проницаемости. Физико-химический метод позволяет оценить отдельные параметры масла, является лабораторным, трудоемким, требует специальных приборов. Как правило состоит из нескольких проверок. Использование стандартных лабораторных проверок физико-химического анализа для оценки состояния масла в режиме реального времени не предоставляется возможным. Метод исследования диэлектрической проницаемости является интегральным и позволяет оценить несколько факторов влияющих на свойства масла.

В данной работе были проведены эксперименты по определению диэлектрических свойств масла, чтобы в дальнейшем, исследуя влияния загрязнителей на масло, определять его состояние (качество).

Данная работа, конечно же, требует дальнейших усовершенствований в схеме подключения и методике вычисления, которые, в перспективе, позволили бы косвенно диагностировать агрегаты по параметрам работающего масла. Своевременная диагностика по параметрам работающего масла позволит сэкономить значительные средства и предупредить поломки двигателя.

Уникальность выполненной работы составляет 70%.

Руководитель Илимбетов Р.Ю. _____

Студент Мещеряков А.А. _____

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.М.В. Ненашев, И.Д. Ибатуллин, А.С. Марков, В.С. Марков, С.Г. Емельянов – Диагностическая система для контроля качества моторных масел. – 2014. – Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, № 1(2).

2.Отчёт о рекламационных актах ООО «Компания УРАЛКАМ», 2014.

3. Власов Ю.А. Методология диагностики агрегатов автомобилей электрофизическими методами контроля параметров работающего масла: дисс. доктора техн. наук. – Томск, 2015 – 368 с.

4. Хазиев А.А Обоснование применения методов экспресс-контроля моторного масла в предприятиях автомобильного сервиса//журнал: Автомобиль. Инфраструктура – 2014 г.

5. Верещагин В.И. Метод контроля состояния моторных масел по концентрации продуктов старения и противоизносным свойствам: дисс. доктора техн. наук. – Томск – Красноярск, 2014 – 135 с.

6. Григоров А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации. – Харьковский политехнический институт, 2007

7. Свойства моторных масел – http://www.autodux.ru

8. Эксплуатационные свойства, классификация и ассортимент моторных масел – http://www.nntu.ru

9.ПАВ-датчики вязкости и температуры жидких сред - http://www.electronics.ru/

10. Основа масла – http://www.tosko.ru

11. Оценка качества моторного масла при эксплуатации автомобилей диэлектрическими методами – vestnik.pstu.ru

12.Эме Ф. Диэлектрические измерения. – М.: Химия, 1967. – 224 с.

13.Васильев Ю.А. Обоснование и разработка эффективных систем технического диагностирования для мобильных машин сельскохозяйственного на-

значения: дисс. доктора техн. наук. – Челябинск, 1995. – 388 с.

14. Гурьянов Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. доктора. техн. наук. – Челябинск,2007. – 371 с

15. Краткая характеристика КДМП - 3 – http://kdmp.ru

16.Техническая и справочная информация по автомобилям BMW – http://tis.bmwcats.com/doc1102259/

17. Исследование диэлектрической проницаемости диэлектриков – Саврухин А.П. – 12 с.

18. Р. Ю. Илимбетов, Г. Р. Хазиев, П. Ю. Черепанов –Диагностика ДВС по параметрам масла – Вестник Южно-Уральского государственного университета. – Челябинск, 2016. – 12 с.

19. Руководство пользователя – Датчик состояния масла ANALEX rs