РАЗДЕЛ XII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А.

К вопросу о загрязнениях моторных масел

Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
(Россия, Краснодар)

doi: 10.18411/sr-05-12-2021-19

Аннотация

В данной статье рассмотрены классификации различных загрязнений моторных масел самоходных машин в различных стадиях их эксплуатации. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования загрязненных рабочих жидкостей. На основе проведенного анализа авторами исследованы назначение, область применения, фазовое состояние, состав, причины возникновения, условия проявления в различных марках масла в различных местах взятия проб и содержание загрязнений.

Ключевые слова: эксплуатационные материалы, загрязнения, поверхностное трение, моторные масла, компрессоры, диэлектрики, токонесущие части, износ, изоляция, углеводородный состав, гранулометрический состав.

Abstract

This article discusses the classifications of various contaminants of motor oils of self-propelled machines at various stages of their operation. The main unsolved problem of cleaning working fluids from contamination has been identified and justified. Based on the analysis, the authors investigated the purpose, scope, phase state, composition, causes, conditions of manifestation in various brands of oil in various sampling sites and the content of contamination.

Keywords: operational materials, pollution, surface friction, engine oils, compressors, dielectrics, current-carrying parts, wear, insulation, hydrocarbon composition, granulometric composition.

Основными видами эксплуатационных материалов для технических объектов – самоходных машин являются различные виды топлив, смазочные масла и технологические жидкости. Наиболее значимыми из эксплуатационных материалов для этих объектов являются масла для двигателей. Основное назначение масла – образование устойчивой смазочной пленки для обеспечения минимального трения и предотвращения изнашивания поверхностей трения. Чтобы выполнять основное функциональное назначение масло должно быть в соответствующем агрегатном состоянии и не содержать загрязняющих примесей [1]. Все теоретические исследования и опыты проводились с маслами марок М10Г2 и М8.

Таблица 1

Классификация масел

Назначение	Область применения
Моторные	ДВС, карбюраторные, дизельные, авиационные
Трансмиссионные	Механические и гидромеханические передачи автотракторной техники
Индустриальные	Сборочные единицы и механизмы промышленного оборудования
Турбинные	Смазка и охлаждение подшипников турбоагрегатов
Компрессорные	Компрессоры низкого и высокого давления, детали компрессоров, непрерывно соприкасающихся с холодными реагентами

<i>Электроизоляционные (трансформаторные, конденсаторные, кабельные)</i>	<i>Жидкие диэлектрики: изоляция токонесущих частей электрооборудования, отвод тепла</i>
<i>Приборные</i>	<i>Детали различных приборов контрольно-измерительной аппаратуры</i>

Масла, работая в двигателях при высокой температуре и давлении, соприкасаются с воздухом и продуктами неполного сгорания топлива, с кондиционированными парами воды, с занесенной в двигатели пылью, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их износа. В результате физико-химические свойства масла изменяются, что нарушает работу двигателей и вызывает их ненормированный износ [2]. Существуют три группы дефектов масел: дефекты основного составляющего; снижение функциональных характеристик добавок; снижение характеристик самого масла за счет загрязнений. Первые две группы дефектов обнаруживаются в процессе длительной эксплуатации масла. Третья группа дефектов обусловлена загрязнением масла за счет внешних факторов.

Для оценки количественного загрязнения используются спектральный и фазовый анализ, проводимый рентгеноскопическим методом [4]. Так, по данным [4] Северо-Кавказской машиноиспытательной станции партия товарного масла М10Г2 производства «Уфанефтехим», реализованная в 2011 году хозяйствам, за время их использования вывела из строя 26 двигателей ЯМЗ-240 и СМД-60 по причине оплавления антифрикционного слоя подшипников коленчатого вала в результате повышенных коррозионных воздействий составляющих элементов масла на материалы вкладышей. В масла может попадать и вода. В гидравлическом масле могут находиться микробиологические загрязнения [1]. Микрозагрязнения попадают в системы с рабочими жидкостями. Масла загрязняются частицами пыли из воздуха. Над аэродромом с бетонным покрытием взлетно-посадочной полосы и травяным вокруг неё в 1 м³ воздуха содержится от 1 г до 10 г и более пыли [3]. А при различных сельскохозяйственных работах наблюдается запыленность воздуха от 8,063 до 21,520 г/м³ [4]. Рабочая жидкость, насыщенная пылью, действует на металл как абразивная притирочная паста [4]. Металлические продукты износа частично растворяются в масле, а частично остаются в виде нерастворимых коллоидных частиц. Повышается зольность масла. Продукты загрязнения можно разделить на две основные группы: органические и неорганические. С химическим составом загрязнений связано их фазовое состояние.

Таблица 2

Состав загрязнений в нефтяных рабочих жидкостях

<i>Вещества</i>	<i>Фазовое состояние</i>
<i>Неорганические</i>	
<i>Металлы</i>	<i>Твердое</i>
<i>Окислы металлов</i>	<i>Твердое</i>
<i>Соединения металлов (окислы и соли)</i>	<i>Твердое</i>
<i>Вода</i>	<i>Жидкое</i>
<i>Воздух</i>	<i>Газообразное</i>
<i>Органические</i>	
<i>Смолистые вещества</i>	<i>Полужидкое</i>
<i>Асфальтены</i>	<i>Твердое</i>
<i>Соли карбоновых кислот</i>	<i>Твердое</i>
<i>Углеводороды</i>	<i>Пластичное или твердое</i>
<i>Бактерии, грибки, пирогенные вещества</i>	<i>Пластичное или полужидкое (плесень, слизь или пленка)</i>

Загрязнения, образующиеся в нефтяных рабочих жидкостях при производстве приведены в таблице 3.

Таблица 3

Производственные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

<i>Вид</i>	<i>Состав</i>	<i>Причины возникновения</i>	<i>Условия проявления</i>
<i>Нефтяные</i>	<i>Окислы металлов и кремния, асфальто-смолистые соединения</i>	<i>Наличие в исходном нефтяном сырье</i>	<i>Применение нефти, содержащей примеси</i>
<i>Технологические</i>	<i>Смолы</i>	<i>Полимеризация олефинов, конденсация ароматических углеводородов</i>	<i>Наличие в нефти реакционноспособных веществ</i>
<i>Атмосферные</i>	<i>Окислы металлов и кремния, вода</i>	<i>Контакт с запыленным и влажным воздухом</i>	<i>Негерметичность технологического оборудования</i>
<i>Контактные</i>	<i>Окислы металлов</i>	<i>Коррозия технологического оборудования</i>	<i>Применение оборудования из коррозионно-активных материалов, отсутствие защитных покрытий</i>

К операционным загрязнениям относятся загрязнения, образующиеся в рабочих жидкостях при транспортных и нефтескладских операциях (табл.4).

Таблица 4

Операционные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

<i>Вид</i>	<i>Состав</i>	<i>Причины возникновения</i>	<i>Условия проявления</i>
<i>Атмосферные</i>	<i>Окислы металлов и кремния, вода</i>	<i>Контакт с запыленным и влажным воздухом</i>	<i>Открытое хранение масла, налив и слив масла открытой струей</i>
<i>Остаточные</i>	<i>Окислы металлов, кремния</i>	<i>Соприкосновение с загрязненными стенками трубопроводов и резервуаров</i>	<i>Налив масла в незащищенные резервуары и тару</i>
<i>Контактные</i>	<i>Окислы металлов, частицы резины</i>	<i>Коррозия металлов, разрушение покрытий, резинотехнических изделий</i>	<i>Изготовление средств транспортирования из нестойких к маслу конструкционных материалов</i>
<i>Износные</i>	<i>Металлы и сплавы</i>	<i>Износ рабочих органов</i>	<i>Применение оборудования с недостаточной износостойкостью</i>
<i>Продукты окисления</i>	<i>Смолы, асфальтены</i>	<i>Окисление углеводородов, входящих в состав масла</i>	<i>Длительное хранение масла при повышенной температуре и присутствии кислорода</i>

<i>Низкотемпературные</i>	<i>Парафины</i>	<i>Выпадение кристаллов углеводородов</i>	<i>Понижение температуры масла</i>
<i>Газовые</i>	<i>Воздух</i>	<i>Попадание пузырьков воздуха</i>	<i>Подсос воздуха при перекачке масла</i>
<i>Микробиологические</i>	<i>Бактерии, грибки, пирогенные вещества</i>	<i>Заражение микроорганизмами</i>	<i>Хранение при повышенной температуре, избыточной влажности и контакте с атмосферой</i>

Состав эксплуатационных загрязнений приведен в таблице 5.

Таблица 5

Эксплуатационные загрязнения в маслах

<i>Вид</i>	<i>Состав</i>	<i>Причины возникновения</i>	<i>Условия проявления</i>
<i>Углеводородные</i>	<i>Смоли, асфальтены, карбены, карбоиды, асфальтопексовые оксикислотные соединения, кокс, сажа</i>	<i>Окисление углеводородов, входящих в состав масла, термическое разложение и сгорание масла</i>	<i>Контакт с кислородом при высокой температуре, неполное сгорание топлива</i>
<i>Атмосферные</i>	<i>Окислы металлов, кремния</i>	<i>Контакт с запыленным и влажным воздухом</i>	<i>Малая эффективность воздушных фильтров на дренажных устройствах масляных систем</i>
<i>Контактные</i>	<i>Окислы металлов, частицы конструкционных материалов</i>	<i>Коррозия металлов, разрушение отдельных элементов систем под действием масла</i>	<i>Применение в машинах металлов, корродирующих под действием масла</i>
<i>Износные</i>	<i>Металлы и сплавы</i>	<i>Износ деталей, агрегатов масляных и гидравлических систем</i>	<i>Применение масел с низкими смазочными свойствами</i>

При транспортировке масел в герметичных бидонах из белой жести емкостью 20 л количество загрязнений в них не увеличивается и составляет 0,0012-0,0015% (масс.). Транспортирование масел в ж/д цистернах и последующий слив их в резервуары приводят к возрастанию загрязнений [2]. Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники приведен в таблице 6.

Таблица 6

Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники

<i>Марка масла</i>	<i>Место пробы</i>	<i>Содержание загрязнений, % (масс)</i>	<i>Число частиц (тыс.шт./см³) по интервалам размеров</i>				
			<i>0-10</i>	<i>11-20</i>	<i>21-30</i>	<i>31-40</i>	<i>41-50</i>
<i>M8</i>	<i>Бак заправочного агрегата</i>	<i>0,0312</i>	<i>35,1</i>	<i>2,5</i>	<i>0,6</i>	<i>0,9</i>	<i>0,3</i>

M8	Раздаточный кран	0,0104	2,0	0,6	0,08	-	-
ТАД17	Бак заправочного агрегата	0,0184	1,0	0,2	0,05	0,01	0,02
ТАД17	Раздаточный кран	0,0135	0,5	0,2	0,07	-	-
M10Г2	Бак заправочного агрегата	0,0412	37,1	3,5	1,6	0,7	0,2
M10Г2	Раздаточный кран	0,0107	2,9	0,9	0,18	0,02	0,001
МГЕ46	Бак заправочного агрегата	0,0372	45,1	3,7	0,9	0,8	0,4
МГЕ46	Раздаточный кран	0,0104	2,7	2,6	1,08	-	-

В процессе эксплуатации в масле, находящемся в системе смазки двигателя, происходят непрерывные изменения, обусловленные процессом их старения (табл.7).

Таблица 7

Содержание загрязнений в зависимости от наработки масла М8

Продолжительность работы, час.	Содержание загрязнений, %	Зольность, %	Содержание органических соединений, %
0	0,005	0,0028	44,0
10	0,4	0,12	70,0
20	1,0	0,14	86,0
30	1,0	0,20	80,0
40	2,4	0,23	90,4
50	2,5	0,28	89,2

Попадая в маслосистему, вода способствует стимуляции коррозионной агрессивности содержащихся кислот, образованию масла, устойчивых эмульсий с маслом, увеличению кислотности масла, изменению вязкости масла; повышению износа деталей двигателя [3].

1. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Новиков Е.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата. Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук», 2020, Санкт-Петербург. – 179 с.
2. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата. Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – Санкт-Петербург. – СПб: Изд-во «КульИнформПресс», 2019. – 188 с.
3. Мелентьев В.С. Лабораторный практикум по использованию двигателей. М.: Транспорт, 2013. -76 с.
4. Нейман Ш.И. Динамика авиационных двигателей. ЭИ в формате FB2.

РАЗДЕЛ XIII. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Меншуткин В.В., Минина Т.Р.

Вероятностный подход к моделированию эколого-экономических систем

*ФГБУН Институт проблем региональной экономики Российской академии наук
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-05-12-2021-20

Аннотация

Оптимальное управление реальными эколого-экономическими системами предполагает построение моделей, свойства которых отражают только существенные