

УДК 631.3-6

**ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
В СИСТЕМУ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА РАБОТУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 2 курс, ФТС

Научные

*руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;
Корнеева В.К., ст. преподаватель*

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

Система смазки двигателя любого типа включает в себя наружные и внутренние масляные коммуникации, односекционный и многосекционный насос, очистители масла (фильтры, центрифуги), маслоохладители (радиаторы), масляный бак (в некоторых типах двигателей) и различные вспомогательные устройства (перепускные клапаны, отстойники, сливные пробки, подогреватели и т.д.), а также вентиляция картерной части двигателя [1]. У большинства двигателей сельскохозяйственных машин система смазки комбинированная – в ней масло подается под давлением и разбрызгиванием. Даже самая надежная система не сможет защитить рабочую жидкость (масло) от попадания в нее загрязнений (рисунок 1), которые поступают на всех стадиях жизненного цикла двигателя. Загрязнения в свою очередь негативно влияют на характеристики, надежность и прочие свойства автотракторных двигателей.

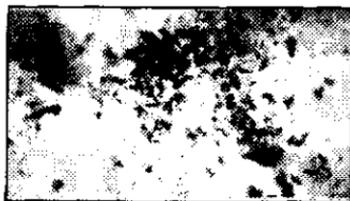


Рисунок 1 – Микрофотография характерного осадка на фильтре гидравлической системы

В зависимости от того, как загрязнения попадают в смазочные материалы, их можно условно разделить на три группы [2]:

– первая группа – загрязнения, попадающие при производстве нефтепродуктов, а также в процессе поставки, хранения и транспортирования;

– вторая группа – загрязнения, присутствующие в рабочих полостях машин, до начала их эксплуатации;

– третья группа – загрязнения, генерируемые в узлах и агрегатах сельскохозяйственных машин вследствие их износа и физико-химических процессов, происходящих в смазочных материалах при эксплуатации, а также попадающие при техническом обслуживании и ремонте вместе с маслами, топливом и рабочими жидкостями.

Рассмотрим последовательно источники поступления загрязнений [3].

Изготовление и сборка вызывает загрязнение системы наиболее разнообразными по своей физической природе частицами, представляющими собой как тела дробления (60-70 % всех частиц), так и продукты различных технологических операций, и имеющими неправильную форму. Наиболее характерными примесями, проникающими в систему на этой стадии, являются: металлическая стружка, абразивные пасты, сколы резины и пластика, текстильные волокна, песок и атмосферная пыль. Для таких загрязнений характерны высокая абразивность и большой удельный вес крупных частиц.

Производство и хранение нефтепродуктов. В процессе хранения и транспортировки, а также вследствие неизбежной технологической разгерметизации системы, в рабочую жидкость поступают примеси. Наиболее характерными примесями являются: смолы и высокомолекулярные соединения, шлаки, вода, микроорганизмы, песок и атмосферная пыль и текстильные волокна. Как правило, они содержат не более 20 % высокоабразивных частиц.

Износ деталей системы. Приводит к генерации преимущественно металлических частиц. Основным источником продуктов износа являются цилиндро-поршневые группы ДВС, а также гидравлические насосы и двигатели, содержащие высокоскоростные пары трения. При износе, частицы, оторванные

от поверхностей трения, попадают непосредственно в смазку и уносятся ею из зазоров.

Всасывание воздуха при работе ДВС – «дыхание» гидробака, «подсос» через уплотнения гидроцилиндров. Все это приводит к загрязнению жидкости и поверхности агрегатов мелкодисперсной (1–15 мкм) атмосферной пылью, которая в большинстве случаев содержит 40–60 % высокоабразивных частиц.

Разборка и сборка системы при ремонтах приводит к сверхнормативному загрязнению, особенно когда проводится с нарушением технологического регламента, при дефиците инструментов, приспособлений и т.п.

По химическому составу продукты загрязнения можно разделить на две основные группы [2]:

– *Неорганические примеси* – пылевые частицы, частицы износа деталей, продуктов срабатывания присадок в маслах и неполного сгорания топлива в виде сажи, сернистых, свинцовистых соединений, а также технологических загрязнений (литейная земля, шлак, металлическая стружка), оставшихся в двигателе после его изготовления и ремонта.

– *Органические примеси* – состоят в основном из продуктов термического разложения, окисления и полимеризации смазочного материала (смолы, асфальтены, карбены и карбоиды), а также и находящихся в нем продуктов неполного сгорания топлива.

При исследовании дисперсного состава загрязнений, в пробах моторного масла работающего двигателя, установлено, что размеры частиц органических примесей не превышают 2 мкм, неорганических – 1 мкм. Эти частицы при попадании в масло воды, и термохимическом воздействии способны коагулировать, образуя частицы до 30–40 мкм, кроме того, можно найти частицы загрязнений до 100 мкм и более. Скорость поступления загрязнений в сельскохозяйственных машинах составляет 4 мг/(л/ч) ($15 \cdot 10^6$ шт/(л/ч)). Не только размеры загрязнений, но и их форма оказывает существенное влияние на процессы износа трущихся поверхностей. Также при исследовании загрязнений учитывается их гранулометрический состав (распределение частиц по размерам) и гравиметрический уровень (масса механических примесей, присутствующих в смазочном материале) [2].

Накопление твердых, мягких, жидких и газообразных загрязнений в смазочных материалах, приводит к изменению их физико-химических свойств, что в свою очередь оказывает значительное влияние на работу двигателей и гидравлических систем. К отрицательным последствиям загрязненности моторных масел и рабочих жидкостей гидросистем можно отнести[2]:

- абразивный износ трущихся поверхностей деталей;
- залегание поршневых колец и заклинивание золотников гидрораспределителей, предохранительных и редукционных клапанов;
- засорение масляных каналов и дренажных отверстий в двигателе и элементах гидравлической системы;
- нарушение теплового режима работы двигателя из-за образования пленок и нагаров на деталях;
- изменение вязкости и ухудшение поступления смазочных материалов к парам трения;
- рост кислотного числа, приводящего к деструкции присадок в смазочных материалах и коррозионному изнашиванию;
- уменьшение подачи гидравлических насосов, изменение расходных характеристик дроселирующих устройств гидравлических систем;
- кавитационный износ, повышенный шум работы двигателя или гидравлической системы.

Виды изнашивания и соответствующие им загрязнения и показатели надежности приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Влияние видов изнашивания и загрязнений на показатели надежности сельскохозяйственной техники

Показатель надежности	Виды изнашивания (ГОСТ 16429-79)	Виды загрязнений
Ресурс	Молекулярно-механическое	Механические и органические примеси, вода, топливо
	Коррозионно-механическое	Вода
	Кавитационное	Воздух
	Гидроабразивное	Механические примеси
	Абразивное	
Усталостное		
Наработка на отказ	Засорение	Механические и органические примеси, вода
	Заедание	

Исследованиями установлено [2], что доля отказов, вызванных механическими примесями, составляет от 60 до 90 %. По причине загрязненности рабочей жидкости происходит 69 % отказов от общего количества неисправностей. При этом абразивное усталостное изнашивание и заедание твердыми частицами составляет 59 % отказов. Как видно, механические примеси (твердые загрязнения), к которым относятся металлические частицы, атмосферная пыль и продукты химических реакций, являются причиной большинства видов изнашивания и, следовательно, самым опасным загрязнителем.

Абразивное изнашивание [2], является результатом воздействия на поверхности трения относительно твердых частиц (продукты износа, нагар, пыль и т. п.). При попадании в двигатель они могут привести к быстрому износу пар трения (подшипников скольжения и шеек коленчатого вала, цилиндров в средней части и маслоъемных колец). При этом виде изнашивания, основным процессом является резание или царапание поверхностей деталей более твердыми частицами. Твердость большинства конструкционных сплавов меньше твердости кварца – основного минерала дорожной пыли. Их плотность до 2650 кг/м^3 , твердость – $10000\text{-}13500 \text{ МПа}$. Абразивный износ зависит не только от твердости абразивных частиц, попадающих в зазор между трущимися поверхностями, но и от размеров (рисунок 2), формы частиц и их соизмеримости с зазорами поверхностей трения.

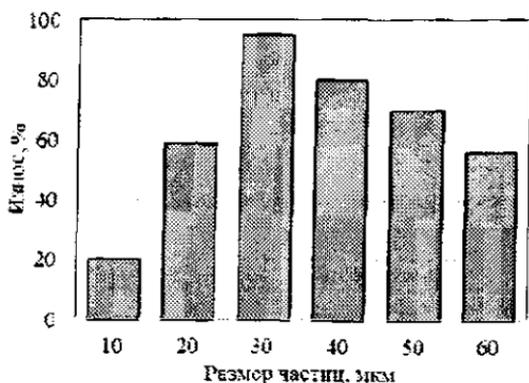


Рисунок 2 – Зависимость износа деталей двигателей от размера абразивных частиц

Также исследованиями установлено [2], что при одном и том же массовом количестве загрязняющих частиц разных размеров, максимальный износ вызывают частицы размером 15–40 мкм. Например, при размерах частиц от 3–5 до 15–40 мкм изнашивание поршневых колец увеличивается в 2–4 раза. Но при увеличении размеров частиц свыше 40 мкм их изнашивание уменьшается. Это можно объяснить тем, что частицы, размер которых, превышает размер зазора пар трения, не могут проникнуть в пространство между деталями. Таким образом, зазоры обладают фильтрующей способностью, предохраняющей детали от износа частицами превосходящего его размера. Ниже приведены размеры зазоров, по которым можно судить о размерах частиц, способных вызвать износ соответствующих пар трения (таблица 2).

Таблица 2 – Конструктивные зазоры в парах трения

Агрегат	Сопряжение	Зазор, мкм
Топливный насос дизельного двигателя	Плунжер – гильза	0,5-6,0
Двигатель дизельный	Поршень – кольцо	3,0-15,0
Редуктор, насос шестеренный	Зубчатое зацепление	0,8-5,0
Насос поршневой	Поршень – цилиндр	16,0-40,0
	Блок цилиндров – торцевой распределитель	5,0-15,0
	Блок цилиндров – цапфенный распределитель	15,0-25,0
	Башмак поршня – опорная плита	3,0-7,0
Насос шестеренный	Горец шестерни – корпус	5,0-40,0
	Вершина шестерни – корпус	7,0-80,0
Распределители золотниковые	Золотник – гильза	3,0-25,0

Таким образом, можно утверждать, что механические загрязнения в моторных маслах, вызывают повышенный износ сопряженных деталей двигателя. Кроме абразивного воздействия на детали цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, частицы загрязнения засоряют каналы для подвода масла к местам смазки, нарушают температурный режим работы двигателя, способствуют увеличению нагара в цилиндрах двигателя и осадков в картере. В связи с этим необходимо применять определенные меры по предотвращению загрязнения

системы смазки, эффективной очистки от уже попавших частиц повышению устойчивости масел и деталей машины к различным физическим и химическим загрязнениям. Этому способствует правильный выбор марки моторного масла, свойства которого соответствуют конструкции двигателя и условиям его эксплуатации. Надежное уплотнение всех соединений, для предотвращения проникновения пыли в двигатель, повышение уровня технической эксплуатации и обслуживания двигателя. Применение надежных и долговечных фильтрующих элементов, обеспечивающих необходимую тонкость фильтрования. Также необходимо или повышать твердость сопряженных деталей, для противостояния абразивному износу, или применять материал одной из деталей с небольшой твердостью, для поглощения более твердых абразивных частиц. Это приведет к резкому снижению износа другой детали. Комплекс подобных мер позволит продлить срок службы сельскохозяйственной техники, сэкономить средства на ремонте, а также сохранить нормативные эксплуатационные свойства машин.

1. Венцель, С.В. Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания. С.В. Венцель. – Киев: Техника, 1977. – 207 с.

2. Капцевич, В.М. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 232 с.

3. Бродский, Г.С. Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин / Г.С. Бродский. – Москва: «Журнал «Горная промышленность» Издатель ИПК «ГЕМОС Лтд.», 2003. – 360 с.

УДК 631.3-6

ОЦЕНКА РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛАХ ПРИ ОЧИСТКЕ МОТОРНОГО МАСЛА

Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 2 курс, ФТС

Научный

руководитель – Корнеева В.К., ст. преподаватель

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

Проблема своевременной и качественной очистки смазочных материалов является всегда актуальной, потому что от ее решения