

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.П. Журавель, д.т.н.,

*Таврический государственный агротехнологический университет  
имени Дмитрия Моторного, г. Мелитополь, Украина*

**Постановка проблемы.** В настоящее время в сельском хозяйстве Украины используется около полумиллиона тракторов и комбайнов, а суммарная мощность двигателей составляет порядка десяти миллионов киловатт. Одновременно с ростом энергонасыщенности отраслей АПК значительно возрастает потребность в качественных нефтепродуктах. Рациональное использование топливо-смазочных материалов является неременным условием эффективного развития агропромышленного комплекса Украины.

**Основные материалы исследования.** В масле, находящемся в масляной системе двигателя, происходят непрерывные количественные и качественные изменения. Количественные изменения происходят за счет угара его в цилиндропоршневой группе двигателя. Качественные изменения известны под общим названием "Старение масла" и складываются из целого ряда физических и химических процессов, протекающих в масляной системе. В конечном счете, качественные изменения могут оказаться столь глубокими, что масло становится непригодным для дальнейшего обеспечения надежной смазки двигателя и подлежит замене на свежее. Из комплекса физических и химических процессов, составляющих старение масла при работе двигателя, в первую очередь могут быть выделены следующие: окисление, загрязнение и расход присадки. Следует отметить условность выделения из сложного процесса старения отдельных направлений, так как они на самом деле все тесно связаны между собой, и трудно, например, рассматривать процесс загрязнения масла в отрыве от процесса его окисления и срабатывания присадок [1].

Окисление углеводородной основы моторного масла вызывается его высоким нагревом в присутствии кислорода воздуха. Особенности конструкции и режим работы дизеля предполагают четыре основные зоны окисления масла. Первая зона - картерное пространство двигателя. Температура масла в зоне меняется от минус 50 °С (перед пуском) до 150° С и выше, интенсивность окисления в этой зоне невелика. Во второй зоне - между юбкой поршня и гильзой - масло кроме контакта с высоконагретыми деталями подвергается воздействию газов, прорывающихся из камеры сгорания. Еще более

интенсивную тепловую нагрузку и контакт с горячими газами имеет масло в третьей зоне - кольцевом поясе поршней. В особенно жестких условиях окисления и термического разложения находится масло в четвертой зоне - масло оставшееся на рабочей поверхности цилиндра при ходе поршня от верхней мертвой точки к нижней мертвой точке на контакте расширения. В этой зоне горячие газы прогревают поверхностный слой пленки до 300... 350°С на глубину 1...3 мкм [2].

Окисление масла ведет к появлению растворимых и нерастворимых веществ, способных образовывать лаковые отложения и нагар на деталях, шламы в картере, вызывать коррозию цветных металлов.

Ведущая роль в процессе изменения качественных показателей отводится окислению углеводородов, входящих в состав масел.

Известно, что окисление углеводородов - это последовательная цепная реакция с участием свободных радикалов [3-5].

Можно разделить процессы, происходящие при окислении масел, на 4 этапа [6]:

1. Возникновение кислот и возрастание кислотного числа.
2. Плотные сконденсированные продукты окисления выпадают в осадок и образуют отложения на поверхностях деталей (полимеризационные продукты окисления).
3. В результате уплотнения компонентов масел их вязкость увеличивается, этому способствует испарение легких углеводородных фракций.
4. Появление смол, в связи с чем происходит потемнение масел. По мере роста степени окисления снижается растворимость продуктов окисления и увеличивается их молярная масса.

Различные типы углеводородов дают различные по химическому составу и физическим свойствам конечные продукты окисления. Парафиновые и нафтеновые углеводороды при окислении образуют растворимые в масле соединения, ароматические нерастворимые отложения, смолисто - асфальтовые вещества.

При обычных температурах и атмосферном давлении минеральные масла в объеме почти не окисляются, при повышенных температурах окисление значительно ускоряется и при 100°С исчисляется сутками, а при 250°С – минутами [7].

Железо является сильным катализатором масла. Основное окисление происходит в тонком смазочном слое, где масло подвергается высоким давлениям и температурам и сильно сказывается каталитическое воздействие металла, интенсивное окисление происходит, в частности, при смазывании погружением, т.к. при этом имеет место большая поверхность соприкосновения масла с воздухом.

Существенным фактором, ускоряющим и углубляющим процессы окисления, является дискретность фрикционного контакта (контактное окисление).

При трении имеют место локальные температурные вспышки, под влиянием которых в поверхностном слое протекают глубокие структурные превращения и диффузионные процессы. Соответственно в прилегающих микрообъемах масла происходит местное контактное окисление.

Различная противо-окислительная стабильность углеводородов, входящих в состав масел, отсутствие в масле взвешенных частиц продуктов окисления, снижающих контактный эффект в процессе трения, слабая эффективность маслоочистителей являются факторами, ускоряющими в начальной стадии применения свежего масла его окисление, срабатывание присадок, повышенный износ деталей.

Потеря эффективности присадок наступает в результате расхода щелочного компонента на нейтрализацию кислых соединений и адсорбции молекул присадок на поверхности деталей и взвешенных частиц органического и неорганического происхождения, образованных в процессе работы. Оценка изношенности присадки определяется по щелочности масла. В процессах окисления масла каталитическое воздействие оказывает вода. Она способствует увеличению количества различных нерастворимых продуктов окисления в масле, ухудшает диспергирующие и противоизносные свойства, вызывает выпадение присадок.

В качестве катализаторов, ускоряющих окисление углеводородов масла, выступают также перекисные соединения.

Для окисления масла характерны некоторые закономерности. Для теоретического случая, когда двигатель работает без фильтров с постоянной скоростью образования в масле примесей можно определить по формуле:

$$E = E_0 + \left( \frac{S}{g} \right) \cdot \ln \left( \frac{Q}{Q - gt} \right), \quad (1)$$

где  $E$  - концентрация компонента за время работы двигателя, мг/л;

$E_0$  - его начальная концентрация, мг/л;

$S$  - количество поступающего компонента, мг;

$g$  - расход масла, л/ч;

$Q$  - количество масла в системе, л;

$t$  - время, ч.

Можно говорить о двух стадиях старения (окисления) масла: неустановившейся и стабилизированной.

Известно, что в смеси углеводородов наиболее легко окисляются парафиновые, затем нафтеновые. Наиболее устойчивыми являются ароматические углеводороды.

Так как продукты окисления обладают высокими противоизносными свойствами, их образование способствует снижению скорости изнашивания, а, следовательно, и окислению масла (обратная связь).

Кроме того, на трущихся поверхностях образуется адсорбционная пленка из продуктов окисления, снижающая каталитическое воздействие металла на реакцию окисления масла.

В результате выше указанных причин наступает стабилизация процесса старения, масла становятся стойкими к окислению.

В процессе работы в период стабилизации старения способность базовой части образовывать отложения снижается, т.к. наиболее реакционно-способные молекулы уже вступили в соответствующие соединения, а остальные молекулы - менее реакционно-способные. В этом отношении качество масла возрастает.

Однако присадки в значительной степени теряют эффективность, они расходуются на нейтрализацию кислых продуктов и на адсорбцию на поверхностях деталей взвешенных в масле частиц. В этом отношении качество масла ухудшается.

Вопрос о стабилизации качества масла и двух действующих взаимно противоположных факторов: срабатывание присадок и улучшение эксплуатационных свойств базовой части, можно выделить как главный в решении проблемы оптимизации сроков службы масла.

В малофорсированных двигателях ухудшение базовой части масла может оказаться достаточным для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств, при низкой и нулевой концентрации присадок. В этом случае применение масла без замены может быть длительным и практически бессменным.

Действие этих факторов и степень их взаимного влияния не могут оцениваться количественно, установление рациональных сроков замены масла должно определяться в каждом конкретном случае путем проведения стендовых и эксплуатационных испытаний.

Итак, основная закономерность старения масла - стабилизация старения продуктов окисления масла, неорганических и органических частиц механических примесей в масле, содержание присадок. Все это результат динамического равновесия между поступлением и убылью компонентов, основанного на единой закономерности - стремление к минимуму энергозатрат.

Можно рассматривать работавшее в двигателях внутреннего сгорания масло, как коллоидный раствор, суспензию продуктов полимеризации углеводородов и неорганических частиц в масле.

Говоря о таких продуктах полимеризации, как смолистые вещества, следует указать на постоянный рост содержания кислорода в

смолах, т.к. они являются антиокислителями, т.е. весь кислород, подающий извне, вступает в реакцию со смолами. В дальнейшем, когда молекулы настолько подвергаются окислительному уплотнению, что уже не могут находиться в смеси с углеводородами в виде истинного раствора, происходит образование коллоидного раствора или суспензии (взвеси). Мельчайшие частицы затем агрегируют в крупные, образуя нерастворимый осадок. Смолистые вещества представляют собой сложные смеси сернистых, азотных и кислотных соединений.

Нерастворенные в масле асфальтены, карбены и карбоиды также могут выпадать в осадок.

Кроме того, работавшие масла содержат значительное количество частиц нерастворимых загрязнений и продуктов окисления, солюбиризованных мицеллами присадок или диспергированных в масле за счет образования на их поверхности адсорбционно-сольватной оболочки из молекул и мицелл поверхностно-активных веществ. Этим предотвращается коагуляция частиц между собой и их осаждение на деталях двигателя и смазочной системы.

Как известно, в процессе эксплуатации смазочных масел происходит накопление механических примесей различного рода. Различают сгораемую или органическую (продукты окисления масел) и несгораемую или неорганическую (продукты износа, пыль, зола и т.п.) части механических примесей. Установлено, что минимальное отношение органических компонентов к неорганическим соответствует 1:5.

Из-за накопления в масле растворимых и нерастворимых веществ, образующихся в результате окисления, срабатывание присадок, термоокислительной деструкции масла, а также веществ, попадающих извне: топлива, продуктов сгорания, воды, пыли, воздуха и продуктов износа деталей двигателя приводит к старению масла.

По существу, моторное масло является неотъемлемым элементом двигателя и, как следствие, определяет надежность его работы.

Воздействие масла на двигатель неоднозначно и весьма существенно. Смазочное масло должно обеспечивать при нормальных условиях работы жидкостное трение, а на переходных режимах - граничное и минимально возможные износы. При этом компоненты масла, взаимодействуя с деталями двигателя и образуя защитные пленки, предохраняют детали от коррозии, модифицируют поверхности трения, оказывают профилактическое действие в отношении отложений, нейтрализуют кислые продукты. В то же время результатом старения моторных масел являются такие вредные явления как износ, нагаро- и лакообразования, коррозия деталей, образование низкотемпературных отложений, пены. Полагают, что в случае применения масел с эффективными присадками,

положительное прямое воздействие значительно превалирует над отрицательным.

В свою очередь на условия работы и интенсивность старения масла влияют тип двигателя, его устройство, уровень форсирования, теплонапряженность, техническое состояние, конструктивные особенности и параметры смазочной системы, условия эксплуатации и качество используемого топлива.

**Вывод.** Таким образом в результате исследований установлено, что в последнее время большое внимание уделяется вопросу оценки продолжительности работы автотракторных масел. Ввиду большой разномарочности тракторов и многообразия применяемых в сельскохозяйственном производстве моторных масел возникает вопрос об оценке качества работавших масел независимо от их сорта, а также независимо от типа и размерности двигателя. На качество моторных масел при работе двигателя большое влияние оказывают многие факторы, которые не всегда можно учесть с достаточной полнотой.

#### **Список литературы**

1. Гавриш В.І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика: монографія. Миколаїв: МДАУ, 2007. 283с.
2. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА*. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.
3. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. *Труды ТГАТА*. Вип.1, т.18. Мелітополь, 2001. С. 24-28.
4. Журавель Д.П. Исследование смазочной способности масел в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 2, т.1. Мелітополь, 1997. С. 46-48.
5. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.
6. Журавель Д.П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. *Труды ТГАТА*. Вып.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.
7. Топливо смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, и др. Тамбов.: Из-во Тамб. гос. техн. у-та, 2008. 304 с.