

ВОЗМОЖНОСТЬ УНИФИКАЦИИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И. А. Сорокина, Е. И. Яковлева, С. В. Корнеев

Омский государственный технический университет

г. Омск

Экономичность, надежность и долговечность работы дизельных двигателей в большей степени зависит от качества моторных масел и правильного выбора их сортов и марок при эксплуатации техники.

Технический прогресс в нефтеперерабатывающей промышленности позволил существенно улучшить качество дизельного масла, повысить его экологические требования. Так, появление в 2002 году класса категории «С» классификации API CI-4/SL, вызванное изменениями в конструкции автомобильных дизельных двигателей, позволило снизить токсичность отработанных газов. Данный стандарт примечателен еще тем, что такие масла подходят не только для двигателей, отвечающих системе рециркуляции отработанных газов (EGR), но и для обычных дизелей (без EGR). В связи с тем, что современный автопарк крупных предприятий дизельной техники состоит из автомобилей различных классов, то использование масла данного класса выгодно, как и с экономической стороны, так и с экологической.

В ходе данного исследования были поставлены следующие задачи: определение ресурса работы и сравнение динамики изменения состояния моторного масла в условиях эксплуатации двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей «КамАЗ» второго и третьего экологического класса, определение наработки, соответствующей пределу работоспособности моторного масла.

Для решения которых были проведены эксплуатационные испытания: отобраны 12 автомобилей «КамАЗ» второго и третьего экологического класса, эксплуатирующиеся на предприятии, с учетом технического состояния и режима эксплуатации. Сделаны диагностические и контрольно-регулирующие операции для выявления неисправного технического состояния двигателя в процессе испытаний. Следующим шагом была проверка давления начала подъема иглы и качества распыла топлива, контроль расхода картерных газов, контроль дымности. При подготовке автомобилей к испытаниям была проведена промывка двигателя, замена мас-

ляных фильтров, заправка маслом двигатель [1, 2].

Программой испытаний был предусмотрен пятикратный отбор проб с каждого испытуемого автомобиля с пробегом 15300 км. Оценка свойств работавшего масла осуществлялась в соответствии с общепринятыми апробированными методиками. Количество объектов испытаний (автомобиль «КамАЗ») 12, количество заборов проб в течение испытательного цикла 5, количество точек забора на одной машине 1 итого за время испытаний – 60 проб. В результате обработки статистических данных было выявлено, что содержание продуктов износа в масле находится в пределах нормы, как видно из гистограммы плотности распределения, что выборка выравнивается экспоненциальным распределением (рисунок 1).

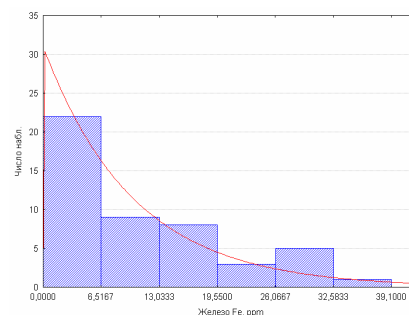


Рисунок 1 – Гистограмма плотности распределения содержания железа в работавшем моторном масле CI-4/SL за время наблюдения

Подобные гистограммы распределения свидетельствуют о том, что двигатели внутреннего сгорания (ДВС) находятся в исправном состоянии и износ имеет нормальный характер.

Для определения пределов работоспособности масла в двигателях внутреннего сгорания второго и третьего экологического класса использовались характеристики: щелочное число, кинематическая вязкость и кислотное число, температуру вспышки, содержание элементов-индикаторов продуктов износа (Fe, Cr, Mo, Si) [3].

Щелочное число является условной мерой способности масла нейтрализовать кислоты, образующиеся из продуктов сгорания топлива и окисления базовой основы масла. При этом анализ показал статистическое различие процессов снижения щелочного числа в ДВС автомобилей различных экологических классов (рисунок 2). Более интенсивное снижение щелочного числа в случае ДВС третьего экологического класса объясняется различием температурных режимов ДВС. Поскольку динамика снижения щелочного числа отличается для ДВС разных экологических классов, определим пределы работоспособности моторного масла отдельно для ДВС экологического класса 2 и 3. На основе изменения щелочного числа установлены предельные значения сроков замены моторного масла: через 23000 км для ДВС второго экологического класса (с 95% доверительным интервалом от 20100 до 25200 км пробега), и через 16100 км пробега для ДВС третьего экологического класса (с 95% доверительным интервалом от 14900 до 18100 км пробега).

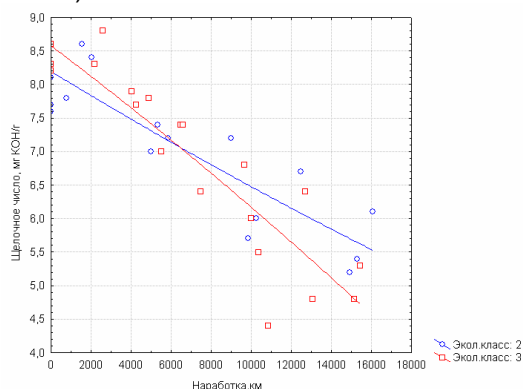


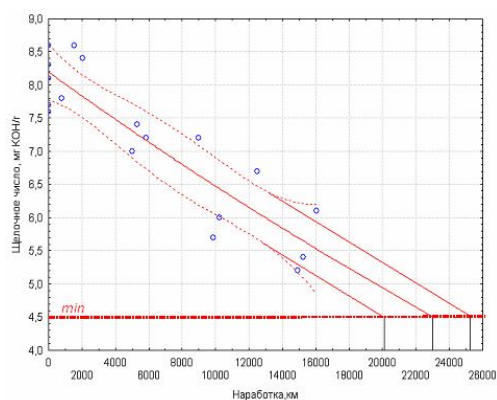
Рисунок 2 – Изменение щелочного числа работавшего моторного масла CI-4/SL в двигателях автомобилей КамАЗ 2-го и 3-го экологических классов

Предельные сроки замены моторного масла получены графическим методом в результате экстраполяции прямой математического ожидания щелочного числа и границ доверительного интервала до достижения критерия предельного состояния – 50% от щелочного числа свежего масла, что составляет в нашем случае 4,5 мг КОН/г.

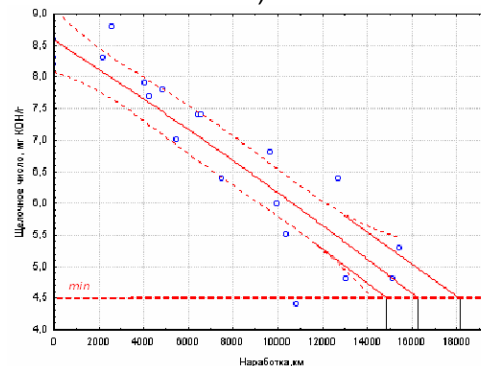
Таким образом, предельный срок замены моторного масла в двигателях КамАЗ второго экологического класса составит в среднем 23000 км с 95% доверительным интервалом от 20100 до 25200 км. Для двигателей КамАЗ третьего экологического класса предельный срок замены моторного масла

составит в среднем 16100 км с вероятностью с 95% доверительным интервалом от 14900 до 18100 км (рисунок 3).

Анализ характера изменения кинематической вязкости при 100 °С показал, что в случае эксплуатации технически исправных автомобилей данный параметр масла не достигает предельно допустимых значений в течение всего срока эксплуатационных испытаний. Поэтому данный показатель качества масла не является определяющим предельные сроки замены моторного масла.



а)



б)

Рисунок 3 – Расчет наработки до предельного состояния по щелочному числу работавшего моторного масла CI-4/SL: а) для ДВС второго экологического класса; б) для ДВС третьего экологического класса

Кислотное число свежего моторного масла определяется в основном содержанием противоизносной присадки (дитиофосфат цинка), при этом в процессе старения масла оно обычно увеличивается, а для двигателей различных экологических классов изменяется с разной скоростью. Это также говорит, что моторное масло ДВС третьего экологического класса работает в более жестких условиях, по сравнению с моторным маслом ДВС второго экологического класса. Это вызывает более интенсивное окисление базовой осно-

вы моторного масла в ДВС третьего экологического класса, что иллюстрирует более крутое расположение кривой (рисунок 4).

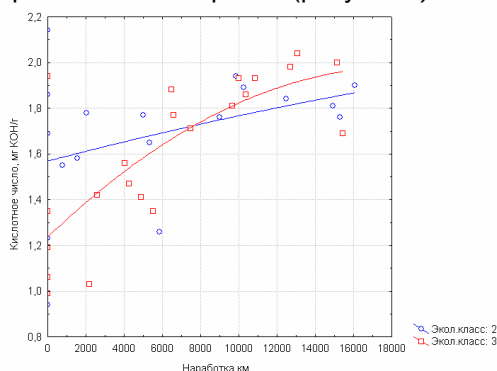
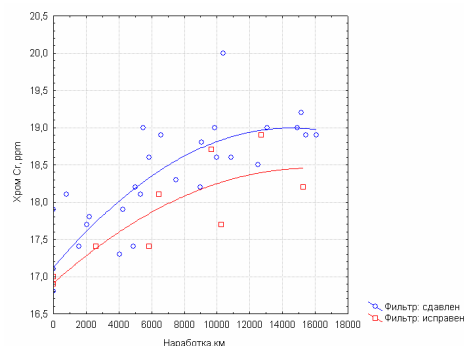
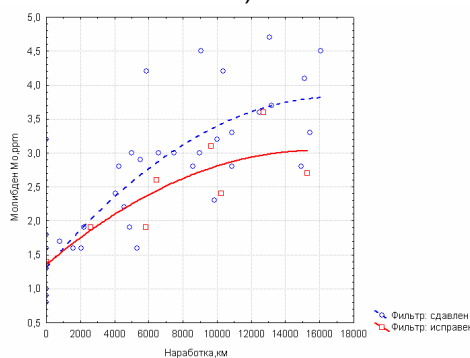


Рисунок 4 – Динамика изменения кислотного числа работавшего моторного масла CI-4/SL в зависимости от экологического класса ДВС

Все результаты испытаний моторного масла на температуру вспышки не достигают предельных значений, что свидетельствует об отсутствии попадания существенных количеств топлива в картерное пространство [3].



а)



б)

Рисунок 5 – Динамика поступления элементов-индикаторов в работавшем моторном масле CI-4/SL при исправном и неисправном масляном фильтре: а) хрома; б) молибдена.

В процессе исследования было установлено влияние исправности масляных фильт-

ров на скорость накопления элементов-индикаторов износа в моторном масле (рисунок 5). Повышение концентрации частиц хрома объясняется увеличением количества абразивных частиц в масле, которые предположительно из-за повреждения фильтрующих элементов.

В свежем моторном масле, как показали результаты исследования, находится от 21 до 69 ppm кремния, соответствующих концентрации антипенной присадки. Поэтому концентрация кремния свыше 69 ppm является показателем наличия атмосферных загрязнений. Присутствие абразивных частиц в моторном масле не наблюдалось, взаимосвязи между износом (содержанием железа Fe) и абразивом (кремний Si) не обнаруживается, что свидетельствует об исправности воздушных фильтров системы впуска ДВС [4].

В ходе лабораторных исследований проводилась оценка соответствия дизельного топлива нормам соответствующих экологических классов. При этом ни один образец дизельного топлива не соответствовал второму экологическому классу по предельному содержанию серы, т.к. требования второго экологического класса к дизельным топливам определяют максимальное содержание серы в 500 мг/кг (ppm). Данные полученные при сравнительной оценке моторного масла SAE 15W40 по API CI-4/SL в дизельных двигателях автомобилей «КамАЗ» позволяет использовать его в качестве единого смазочного материала как для двигателей различного экологического класса. При этом применение его в ДВС второго экологического класса дает экономический эффект порядка 10070,9 руб./год на один автомобиль за счет увеличения периодичности его замены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гатаулин Н.А. Модельный ряд дизелей КамАЗ // Автомобильная промышленность, 2006 г. №3.
2. Отчет о НИР «Разработка и внедрение системы диагностирования строительных и дорожных машин по параметрам работающих масел» № гос. регистрации 0188.0004882 под рук. В.А. Некипелова, Омск, 1988 64с.
3. Корнеев С.В. Критерии работоспособности моторных масел// Строительные и дорожные машины. - №4. 2004, С. 28-29.
4. Корнеев С.В. и др. Диагностирование транспортно-технологических средств и масел по содержанию продуктов износа и активных элементов присадок / С.В. Корнеев, Н.В. Дорошенко, С.В. Дорошенко, В.М. Дудкин // Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования. – ИГТУ., 2007. – С 97-98.