

из уравнений количественный вклад гистерезисных потерь больше адгезионных в данном диапазоне. На протяжении всего испытания вклад гистерезисных потерь с увеличением нагрузки остается практически постоянным. Из этого следует, что рост коэффициента трения в данном случае возрастает за счет роста адгезионной составляющей.

Исходя из анализа результатов триботехнических испытаний образцов бутадиен-нитрильной резины с углеродным покрытием и без него можно сделать следующие выводы.

1 Резина без покрытия имеет обратно пропорциональную зависимость логарифма коэффициента трения от логарифма силы. У резины с покрытием – наоборот, прямо пропорциональная.

2 Значение адгезионной составляющей у исходной поверхности значительно больше, чем у модифицированной: для коэффициента трения – в 17 раз в начальный момент, в 14 раз – после 1 тыс. циклов.

3 На протяжении всего испытания вклад гистерезисных потерь с увеличением нагрузки остается практически постоянным. Из этого следует, что рост коэффициента трения в данном случае возрастает за счет роста адгезионной составляющей.

Предложенный подход к разделению коэффициента трения на гистерезисную и адгезионную составляющие позволяет анализировать их величину и изменение в процессе трения.

Список литературы

- 1 Flexible diamond-like carbon film coated on rubber / Y. T. Pei [et al.] // Progress in Organic Coatings. – December 2013. – Vol. 76, Is. 12. – P. 1773–1778.
- 2 Мур, Д. Ф. Трение и смазка эластомеров / Д. Ф. Мур ; пер. с англ. Г. И. Бродского. – М. : Химия, 1977. – 16 с.
- 3 Модифицирование поверхности бутадиен-нитрильной резины азот- и фторсодержащими углеродными покрытиями / М. А. Попова [и др.] // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – № 3. – С. 71–76.
- 4 Гетикова, М. А. Особенности трения поверхности модифицированной углеродным покрытием резины / М. А. Гетикова // Трение и износ. – 2019. – Т. 40. № 2. – С. 238–244.

УДК 621.785

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

Л. А. ГЛАЗКОВ, Д. Л. ЖИЛЯНИН, А. А. ТАБУЛИН
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В процессе работы транспортной организации важным моментом является своевременное обслуживание используемого в работе подвижного состава. Зачастую своевременно проведенный ремонт экономит значительные средства при эксплуатации задействованной техники.

Плановое обслуживание, проводимое в установленные интервалы времени, оправдано для парка с небольшим пробегом или временем эксплуатации. Как правило, для новой техники изготовители устанавливают гарантийные сроки, ограниченные по времени или пробегу. Это в первую очередь обусловлено процессами износа пар трения в работающем двигателе, агрегатах трансмиссии. Приработка пар трения до установления рабочих зазоров обычно (в зависимости от условий эксплуатации) составляет 2–3 тысячи километров. Затем идет плавное увеличение зазоров в парах трения при условии соблюдения инструкций по эксплуатации изготовителя. После того как двигатель автомобиля отработает гарантийный срок в парах трения, зазоры будут продолжать увеличиваться пока не достигнут критических значений. Интервал времени эксплуатации автомобиля после гарантийного срока до проведения капитального ремонта точно установить невозможно, опять же из-за влияния условий эксплуатации. При выполнении указанных изготовителем инструкций по эксплуатации срок надежной работы транспортной единицы может быть увеличен, что позволит пересмотреть срок проведения капитального ремонта двигателя в большую сторону. Однако зачастую регламентированное обслуживание в установленные интервалы времени не всегда гарантирует надежную работу техники. Поэтому проведение своевременной диагностики смазочных материалов позволит установить оптимальные сроки обслуживания, что может продлить срок эксплуатации транспорта.

Одним из условий выполнения инструкции по эксплуатации является использование смазочных материалов, имеющих соответствующие допуски к применению от производителя, а также замена их через установленные интервалы наработки или времени эксплуатации. При этом установленные интервалы не могут учесть всех вариантов применения мобильной машины, так как разработанные процедуры по получению допуска к применению смазочных материалов отрабатываются в стендовых условиях. Согласно методикам испытаний смазочных материалов двигатели работают в регламентированных условиях, таких как старт-стоп, нагрузка при установленных постоянных или переменных режимах с ограничением времени работы двигателя. Реальные условия изготовитель смазочных материалов учитывает, определяя в рекомендациях по интервалам замены смазочных материалов некоторый запас, который зачастую может оказаться не оправданным.

Как первичный этап диагностики рекомендуется проверка смазочного материала перед началом его применения, чтобы быть уверенным в правильности использования. Проверку следует проводить на соответствие техническим характеристикам, измеряя вязкость и другие физико-химические показатели, установленные в паспорте качества на смазочные материалы.

В первую очередь это связано с появлением на рынке Республики Беларусь, а также стран Евразийского экономического союза большого числа контрафакта, выпускаемого под видом известных брендов производителей смазочных материалов. Вторым важным фактором входного контроля является получение исходных значений физико-химических показателей, которые можно будет использовать для сравнения с показателями, получаемыми при испытаниях смазочных материалов в процессе эксплуатации.

При работе двигателя или любого другого агрегата машины в маслах появляются продукты его собственного окисления, уменьшается количество противоизносных и антиокислительных присадок, происходит обрыв полимерных цепей молекул присадок, обеспечивающих нужную вязкость и создающих разделительную пленку между трущимися поверхностями.

Работающий двигатель неизбежно подвергается загрязнению. Попадающая на поверхности трения из атмосферы пыль может содержать в себе мельчайшие частицы сажи, окислов различных металлов и т. д. Кроме того, в смазочный материал неизбежно попадают продукты износа и он подвергается процессам деструкции под действием высоких температур в парах трения.

Немаловажным фактором, влияющим на долговечность работы смазочного материала, являются режимы работы двигателя и элементов трансмиссии. Во время критических нагрузок неизбежно возникает режим работы двигателя с повышением температуры, приводящим к перегреву. При таких условиях окислительные процессы в масле могут привести к необратимому разрушению присадок.

Выявить процесс деструкции присадок, вызванный процессами окисления с образованием органических кислот и солей, образования загрязнений в маслах, можно, применяя диагностику смазочных материалов с использованием физико-химических методов, дополняющих друг друга в создании объективной оценки текущего состояния смазочного материала.

Наиболее широко используются обычно рекомендуемые изготовителями техники методики определения кислотного и щелочного чисел, а также вязкости. Неизбежное увеличение кислотного числа при эксплуатации ограничивается его предельным значением, отклонение от стандартного темпа роста может свидетельствовать о наличии проблем в режимах эксплуатации или состоянии агрегата. Определение щелочного числа характерно для двигателей большого рабочего объема либо имеющих особо длительные интервалы замены масла. В данном случае также ограничивается его минимальное значение и оценивается темп его снижения. Величина и кривая изменения вязкости дают информацию о состоянии смазочного материала и агрегата. Особенно это актуально для трансмиссионных масел, срок эксплуатации которых зачастую производителем не устанавливается – в данном случае имеется возможность скорректировать срок службы и оценить время или пробег до его замены.

Применение встроенных экспресс-анализаторов состояния смазочного материала, основанных на оценке электрической проводимости, как правило, позволяет оценить только «возрастные» изменения, вызванные накоплением конденсата и кислот. Данный метод желательно дополнять периодическими анализами физико-химических свойств.

Оценка иных физико-химических показателей смазочных масел в эксплуатации либо малоинформативна, либо требует использования дорогостоящего оборудования и расходных материалов, например атомно-абсорбционных спектрометров. Поэтому подобные исследования процесса износа

агрегатов проводятся для уникальных агрегатов особо большой мощности: кораблей, экскаваторов и карьерных самосвалов, шахтного оборудования.

В настоящее время для оперативного экспресс-анализа находящихся в эксплуатации смазочных материалов применяется метод инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопия). Данный метод основан на анализе инфракрасных спектров поглощения, отражения или рассеяния. Проводя сравнение инфракрасных спектров образца со спектрами известных веществ, можно идентифицировать неизвестное вещество, определить основной состав смазочного материала, провести фракционный или структурно-групповой анализ. Применяя метод корреляционного анализа по полученным спектрам, можно определить физико-химические характеристики смазочных материалов. Приборной частью метода служат Фурье-спектрометры, основанные на получении инфракрасного спектра путем сканирования по сдвигу фаз между двумя частями разделенного светового пучка.

К преимуществам метода ИК-спектроскопии относятся возможность проведения неразрушающего анализа (так как в процессе исследования масло не претерпевает физических изменений), а также качественного и количественного анализа сложных многокомпонентных продуктов (базовые масла плюс пакеты присадок), быстрдействие, использование микроколичеств смазочного материала.

Для определения подлинности поставляемых смазочных материалов, а также установления их предельных состояний в процессе эксплуатации автотранспорта разработана и применяется стандартная методика мониторинга состояния находящихся в условиях эксплуатации смазочных материалов методом анализа трендов с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье ASTM E2412-10.

Применение данной методики в совокупности с вышеуказанными физико-химическими методами позволит не допустить использования контрафактных и некачественных смазочных материалов, нередко поступающих на эксплуатирующие автотранспорт организации и сервисные станции, а также упростить, снизить стоимость и повысить эффективность проведения постоянного мониторинга состояния транспортных машин через диагностику смазочных материалов.

УДК 629.4.014.76.004.67

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВИДАХ РЕМОНТА И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ВАГОНРЕМОНТНОЙ БАЗЫ

Е. П. ГУРСКИЙ, А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из основных направлений деятельности организаций вагонного хозяйства является планирование и организация качественного выполнения плановых видов ремонта грузовых вагонов и контейнеров инвентарного парка Белорусской железной дороги, а также прогнозирование ремонта вагонов собственности других организаций и железнодорожных администраций иностранных государств. Комплексный анализ основных видов деятельности вагонного хозяйства свидетельствует о том, что эта важная задача на средне- и долгосрочную перспективу остается не решенной. Связано это в первую очередь с тем, что классические методики, определяющие потребность в плановых ремонтах в существующей системе, не эффективны, при этом условия функционирования самой системы с течением времени изменяются. На первый план выходит инновационное развитие вагоноремонтной базы на Белорусской железной дороге с созданием современного комплекса ремонта и технической эксплуатации грузовых вагонов.

Техническое обслуживание, плановые виды ремонта всех типов грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм, находящихся в собственности Белорусской железной дороги и организаций-собственников Республики Беларусь, стран СНГ и Балтии, осуществляют 12 вагонных депо. Все вагонные депо аттестованы, оснащены современным технологическим, метрологическим, диагностическим и специализированным оборудованием, необходимым для ремонта и эксплуатации вагонов, что позволяет производить качественный ремонт вагонов, своевременно выявлять дефекты, угрожающие безопасности движения поездов. Производственные мощности депо позволяют производить плановые виды ремонта грузовых вагонов в количестве 20 500 единиц в год, что на сегодня удовлетворяет потребности в ремонте вагонов инвентарного парка железной дороги, и вагонов соб-