

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Авторы: д.т.н. конф. унив. Юрие ТЕЗЕК, ст. преподаватель Сергей КАНТ

Технический университет Молдовы

Резюме: Оценка эксплуатационных свойств топливо – смазочных материалов (ТСМ) на стадии разработки новых и улучшения существующих, обеспечивается различными методами. Это квалификационные методы испытания (лабораторные методы), стендовые испытания опытных образцов ТСМ, и эксплуатационные испытания непосредственно на транспортном средстве. Для решения повседневных задач в процессе эксплуатации автомобилей по анализу показателей качества ТСМ и диагностики технического состояния агрегатов, механизмов и узлов наряду с лабораторными методами используется широкий спектр так называемых экспресс – методов.

Ключевые слова: химмотология, показатели качества топливо-смазочных материалов, автомобильный транспорт (АТ), техническая эксплуатация автомобилей (ТЭА), топливо-смазочные материалы (ТСМ), моторное масло, переносные химические лаборатории, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), техническое обслуживание (ТО), техническая диагностика (Д) и текущий ремонт (ТР).

Методические основы химмотологии включают методы оценки эксплуатационных свойств ТСМ, которые можно разделить на следующие группы: квалификационные (лабораторные), стендовые и эксплуатационные методы испытаний топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей, а также классификационные испытания моторных масел.

Квалификационные методы испытания позволяют оценивать лабораторными методами отдельные эксплуатационные свойства ТСМ, выявлять факторы, определяющие эти свойства, и находить способы их улучшения. Модельные установки и специальные лабораторные приборы позволяют быстро и надежно проводить сравнительную оценку эксплуатационных свойств опытных и эталонных (товарных) образцов ТСМ.

Примером квалификационных методов испытаний ТСМ, получивших широкое распространение, являются методы оценки детонационной стойкости бензинов на одноцилиндровых моторных установках, противоизносных и противозадирных свойств; смазочных материалов на четырехшариковой машине трения, моющих свойств моторных масел на установках УИМ-6-НАТИ, НАМИ-1, Caterpillar-1D и др.

В настоящее время применяют около 200 квалификационных методов оценки эксплуатационных свойств ТСМ, которые подробно описаны в специальной литературе. Однако отдельные квалификационные методы, какими бы совершенными и точными они ни были, не могут дать достаточно полной информации о свойствах и качествах испытуемого образца ТСМ. Поэтому разработаны и применяются комплексы методов квалификационной оценки ТСМ, каждый из которых включает от 6 до 26 методов.

Комплексы методов квалификационных испытаний должны разрабатываться и совершенствоваться специально созданными при Госстандарте комиссиями научной экспертизы, в состав которых следует включать высококвалифицированных химмотологов – представителей научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений, конструкторских организаций и заводов, разрабатывающих технику и ТСМ для нее.

Стендовые испытания опытных образцов ТСМ проводят на натуральных двигателях и механизмах, оборудованных специальной измерительной аппаратурой, позволяющей устанавливать режимы их работы, снимать необходимые характеристики и определять параметры двигателей и механизмов в процессе их работы. При стендовых испытаниях определяют динамику изменения физико-химических показателей ТСМ (методом отбора проб), измеряют износ деталей (методом микрометрирования до и после испытаний) и оценивают их состояние (наличие нагаров и лаковых отложений и т. п.).

Стендовые испытания дают наиболее надежную информацию о пригодности опытного образца ТСМ, так как позволяют оценить совокупность его эксплуатационных свойств в течение длительного

периода работы двигателя или механизма. По результатам стендовых испытаний устанавливают режимы работы новых марок ТСМ, нормы расхода и другие эксплуатационные характеристики.

Эксплуатационные испытания ТСМ на автомобильном транспорте могут проводиться в рамках специальных научных исследований, программ и т.д. в реальных условиях эксплуатации на серийно выпускаемых или опытных образцах автомобильной техники.

К этапам эксплуатационных испытаний можно отнести опытную эксплуатацию техники и эксплуатацию под наблюдением.

В процессе проведения эксплуатационных испытаний, как и в случае стендовых, периодически отбирают и анализируют пробы опытных и товарных образцов ТСМ, определяют экономико-мощностные и эксплуатационные показатели работы техники, а по окончании испытаний проводят техническую экспертизу двигателей и механизмов.

В процессе испытаний проверяют, насколько опытный образец ТСМ по сравнению с товарным обеспечивает надежность работы двигателей и механизмов, устанавливают влияние особенностей работы техники на изменение качества ТСМ, уточняют нормы расхода и сроки службы.

Эксплуатационные испытания, несмотря на их длительность и трудоемкость, являются важным этапом проверки новых образцов ТСМ, так как не всегда имеются в наличии специальные установки и оборудование, на которых можно смоделировать условия реальной эксплуатации техники в лабораторных условиях и получить необходимую информацию о ТСМ, двигателе или механизме.

При квалификационных, стендовых и эксплуатационных испытаниях оценивают эксплуатационные свойства топлива и смазочных материалов, которые определяют по физико-химическим показателям, предусмотренным соответствующими стандартами или техническими условиями. Для моторных масел важное значение имеют классификационные испытания на специальных установках, которые позволяют оценивать моюще-диспергирующие, противоизносные, противоокислительные свойства масел, склонность их к образованию высоко- и низкотемпературных отложений и другие свойства.

Следовательно, основной задачей химмотологии на перспективу остается создание научных основ и рекомендаций по экономии топливно-энергетических ресурсов и обеспечению двигателей, машин и механизмов высококачественными ТСМ с широкими сырьевыми ресурсами.

Рассмотренные выше методы в основном используются на стадиях разработки новых сортов ТСМ, улучшения существующих и выработке рекомендаций по применению того или иного типа ТСМ для конкретных видов автомобильной техники.

В процессе эксплуатации автотранспортных средств происходит изменение показателей качества ТСМ. Топливо в основном теряет своё качество при длительном хранении, транспортировке, распределении и т.д. Показатели качества смазочных материалов, которые используются в агрегатах, системах и узлах автомобиля ухудшаются в следствии взаимодействия с кислородом воздуха, отработавшими газами под воздействием высоких температур и давлений. Смазочные материалы не только выполняют своё основное предназначение, но и несут диагностическую информацию о техническом состоянии отдельных узлов и агрегатов автомобиля.

Масло омывает все элементы системы и при этом создает условия не только для оптимального функционирования поверхностей трения, но и воспринимает, аккумулирует и потенциально сохраняет информацию о фактическом состоянии смазываемого объекта. Капля работающего масла, правильно взятая из картера механизма, способна дать представление о состоянии объекта в целом. Через изменяющиеся свойства работающего масла можно получить информацию о техническом состоянии тех деталей, которые определяют ресурс механизма. Поэтому диагностика механизмов по параметрам работающего масла, в сравнении с любым другим ее видом, дает наилучшие результаты, как по достоверности, так и по спектру одновременно контролируемых показателей их состояния, имеющих разную природу явлений.

Рассматриваемые методы диагностирования можно разделить на два основных класса:

I – диагностирование по физико-химическим показателям качества смазочного масла;

II – диагностирование по параметрам частиц износа в смазочном масле и фильтрах.

Каждый из них характеризуется специфическими способами контроля, средствами и перечнем диагностических и структурных параметров.

В настоящее время широкое распространение получили методы диагностирования механизмов по физико-химическим показателям качества смазочного масла. Методы диагностирования механизмов по параметрам частиц износа в смазочном материале и фильтрах по ряду причин используются реже и в основном применяются на железнодорожном и иногда на карьерном транспорте, а так же в исследовательских целях. Методы первого и второго классов не дублируют, а

взаимно дополняют друг друга. Их совместное использование позволяет выявлять неисправности систем очистки масла и воздуха, топливоподачи и охлаждения, обеспечивает раннее обнаружение и предупреждение не только повышенного износа поверхностей трения деталей механизма, но и позволяет определить причины его возникновения, а также указать узел или соединение деталей, в котором наблюдается повышенный износ.

Физико-химические свойства работающего масла оценивают по предельным значениям комплекса единичных показателей его качества. Для оценки качества работающих моторных масел наиболее часто используют следующие показатели: концентрация охлаждающей жидкости и топлива в масле, диспергирующе-стабилизирующие свойства (ДСС), общую загрязненность масла нерастворимыми продуктами, вязкость и водородный показатель pH. При анализе качества масла его признают работоспособным в том случае, когда значения всех показателей находятся в допустимых пределах.

Оперативный контроль технического состояния механизма по физико-химическим показателям качества работающего масла может осуществляться методами и средствами двух типов: экспресс и лабораторными.

Лабораторные методы и средства, как в нашей стране, так и за рубежом, являются основой всей системы оценки служебных свойств современных смазочных материалов при их разработке, испытании, изготовлении, реализации и использовании по назначению. Реализация этих методов предполагает высокую квалификацию персонала, наличие дорогостоящего оборудования, значительных капитальных вложений на организацию лаборатории, существенных затрат на расходные материалы, но главное, выполнение аналитических работ сопровождается высокими трудовыми и временными затратами. Платой за создание и содержание столь высокозатратной лаборатории являются широкие возможности по спектру контролируемых показателей качества смазочных материалов (только при наличии соответствующего спектра оборудования) и высокая достоверность получаемых результатов анализов.

В ряде зарубежных стран в течение 10 и более лет работают автоматизированные комплексы испытания масел стандартными методами, что позволяет увеличить количество одновременно анализируемых проб. Такие лаборатории оказывают услуги клиентам не только в своей стране, но и за рубежом. Доставка проб осуществляется самолетами пассажирских авиакомпаний, а передача клиентам результатов анализов проб масел реализуется с помощью электронных средств связи.

Анализ качества масел проводят, как отмечалось выше, для достижения разных целей. В одних случаях требуются количественные оценки максимальной достоверности, например, при исследованиях, а в других случаях достаточно качественной оценки или оценки средней достоверности. Поэтому для тех случаев, когда не требуется высокая достоверность анализов, были разработаны лабораторные методы, которые не требуют столь высоких затрат на проведение анализов и высокой квалификации обслуживающего персонала. К ним, в частности, относятся методы, которые изложены в ГОСТах класса «Нефтепродукты отработанные», «Масла моторные отработанные» и др. Последние можно использовать для анализа показателей качества работающих масел. Однако и эти методы являются лабораторными и имеют достаточно высокую трудоемкость и реализуются с применением лабораторного оборудования, в том числе изготовленного из химического стекла.

Экспресс-методы призваны не заменить лабораторные методы, а сократить в десятки раз трудоемкость и время, затрачиваемое на получение оценок качества смазочного масла в тех случаях, когда не требуется проведение анализов лабораторными методами. Столь радикальное сокращение трудоемкости и времени проверки достигается применением иных принципов измерения тех же самых показателей качества смазочного материала, с помощью которых как при лабораторных, так и при экспресс – методах устанавливают соответствие или несоответствие данного нефтепродукта техническим требованиям. Эти методы используются как при контроле качества свежих, т.е. не работавших товарных масел, так и работающих масел. В этом случае не столь важно на каком принципе основана работа того или иного прибора, важно то, чтобы полученные результаты были достоверными и адекватно отражали фактическое состояние диагностируемой машины, а экспресс – диагностика и отбор проб масел производят в день постановки машины на техническое обслуживание. Если для смазывания механизма используется качественное свежее масло, то в процессе оперативного контроля достаточно с определенной периодичностью отбирать пробы работающего масла из картера и по изменению его показателей выявлять неисправности систем, оценивать работоспособность и интенсивность старения масла. Знание интенсивности старения масла позволяет судить не только об общем техническом состоянии механизма, но и прогнозировать дату

следующего контроля и дату возможной замены масла по его фактическому состоянию, а не по наработке или пробегу. Такой подход к анализу масел позволяет исключить работу машин, с одной стороны, на неработоспособном масле в тех случаях, когда интенсивность старения масла высокая, а с другой стороны, предупредить преждевременную замену еще работоспособного масла. Таким образом обеспечивают рациональное использование технического ресурса масла и механизма, снижают общие расходы, связанные с его эксплуатацией, оптимизируют перечень и количество запасных частей и горюче-смазочных материалов.

При использовании экспресс-методов снимаются проблемы своевременного получения результатов анализов проб масел, вопросы затрат на приобретение дорогостоящего оборудования и капитальных вложений, а также затрат на содержание штата высококвалифицированных сотрудников. В этом случае не требуются специалисты с высшим специальным образованием, т.к. один техник или инженер-механик способен за одну смену исследовать 10-12 проб работающих масел. Подготовку такого специалиста могут осуществлять на факультете повышения квалификации технического ВУЗа.

Практический опыт показывает, что при использовании экспресс-методов для анализа качества работающих моторных масел из 100 проверенных проб в 1-3 случаях может возникнуть необходимость в уточнении результатов экспресс-анализа лабораторными методами. Это возможно тогда, когда диагностируемые объекты обследуются впервые. При возникновении такой потребности целесообразно обратиться в ближайшую химмотологическую лабораторию, например нефтебазы или ВУЗа. Для парка машин, находящихся под оперативным контролем, необходимость в подтверждении результатов лабораторными методами обычно не возникает, т.к. благодаря систематическому и персональному наблюдению за каждой машиной с помощью средств экспресс-диагностики ее техническое состояние известно механику до тонкостей.

С учетом используемых принципов измерения основных показателей качества масел можно выделить следующие экспресс-методы и средства для их реализации:

- портативные комплекты средств на основе химико-физических принципов измерения с использованием химической стеклянной посуды.

К ним можно отнести полевые лаборатории ПЛ-2м, ручную лабораторию РЛ и стационарную лабораторию ЭЛАН Российского производства. Средства этого типа позволяют проводить анализ качества масла, как в полевых, так и в стационарных условиях и обеспечивают получение достоверных сведений о фактическом состоянии работающего масла и механизма. Эти лаборатории имеют два недостатка: использование лабораторных ГОСТовских методов с высокой трудоемкостью работ и наличие химической стеклянной посуды, что делает комплект недолговечным, особенно в полевых условиях;

- портативные комплекты средств на основе химико-физических принципов измерения с использованием фирменных реагентов и химической стеклянной посуды.

Представители этого класса экспресс-средств Российского производства лаборатории «ПЛМ-1, 2, 3». Эти три варианта лабораторий отличаются перечнем контролируемых показателей качества масел. Они обладают всеми преимуществами предыдущих средств экспресс-диагностики и дополнительно позволяют достаточно быстро определить щелочное число и концентрацию воды в масле. Эти средства анализа качества масла имеют три недостатка: использование лабораторных ГОСТовских методов с высокой трудоемкостью работ для анализа части показателей, наличие химической стеклянной посуды и использование фирменных реагентов;

- портативные комплекты средств на основе химико-физических принципов измерения с использованием фирменных реагентов и без использования химической стеклянной посуды.

Эти комплекты более предпочтительны, т.к. они обладают всеми преимуществами предыдущих средств экспресс-диагностики, но у них меньше недостатков. Из зарубежных необходимо отметить средства компаний Kittiwake и Chevron Lubricants. Они идентичны, в них используются фирменные реагенты компании Kittiwake. Экспресс-лаборатория этой компании комплектации FG-K1-007-KW (рисунок 1) позволяет проводить 4 вида анализов: тест на содержание воды в масле, тест на щелочной запас, тест на изменение вязкости масла, тест на наличие нерастворимых примесей. Каждый тест проводится на индивидуальном приборе. Время проведения первых двух тестов составляет по 2 минуты на каждый, третий тест требует до 10 минут, последний 1 час.

Недостатком средств этого типа является необходимость использования фирменных реагентов;



Рисунок 1 – Экспресс-лаборатория компании Kittiwake комплектации FG-K1-007-KW

- электрофизические портативные приборы для контроля одного из свойств масла.

Приборы этого типа в настоящее время становятся основным видом средств экспресс – диагностики. Они выполняются приборами карманного типа, переносными и стационарными. Их используют как индивидуально, для контроля только одного свойства смазочного материала, так и в составе диагностических комплектов для комплексного анализа качества масла;

- электрофизические портативные универсальные приборы для контроля нескольких свойств масла.

В настоящее время таких приборов не много, хотя они предпочтительны при использовании, как в полевых, так и в стационарных условиях. Используемые в таких приборах принципы измерения позволяют проанализировать несколько свойств, обычно 2 – 4, контролируемого смазочного материала. К таким средствам можно отнести прибор фирмы Komatsu, позволяющий проанализировать загрязненность масла охлаждающей жидкостью и топливом, а также общую загрязненность масла нерастворимыми продуктами, и Lubri Sensor компании Northern Instruments Corp., позволяющий оценить загрязненность масла охлаждающей жидкостью и топливом, а также обнаружить металлические частицы износа в масле.

- комплекты средств на основе электрофизических универсальных приборов и приборов для контроля одного из свойств масла.

Такие средства экспресс-диагностики обладают существенными преимуществами по сравнению с рассмотренными выше, т.к. позволяют комплексно оценить качество проверяемого масла по всем основным показателям, при затратах времени на контрольные операции от 30 минут до 1 часа и при этом не требуют фирменных расходных материалов. Такие комплекты помещаются в небольшом футляре с общей массой обычно не более 5 кг. Одним из российских средств такого типа является, например, портативный комплект КДМП-2. Комплект КДМП-2 предназначен для контроля работающих моторных масел с целью оценки их пригодности для дальнейшей работы и выявления определенных видов неисправностей, возникающих в двигателях. Кроме того, комплект может быть использован для входного контроля ряда параметров при покупке свежего товарного моторного масла.

Заключение о пригодности работающего масла в комплекте КДМП-3 дается по девяти параметрам: содержание охлаждающей жидкости, содержание топлива, моющие и диспергирующие свойства, вязкость, общая загрязненность, в т.ч. и на наличие металлических частиц износа (по капельной пробе), водородный показатель, наличие абразивных частиц.

Время испытания одной пробы масла составляет 10-30 минут в зависимости от состояния проверяемого масла. Приборы, входящие в комплект, расположены в футляре и позволяют осуществлять испытание масла, как в стационарных, так и в полевых условиях (в кабине машины).

При разработке комплекта были учтены современные достижения ведущих в этой отрасли фирм, таких как Komatsu (Япония), MTU (ФРГ), МобП (США). В то же время методы и средства, используемые в комплекте защищены патентами Российской Федерации.

Основными достоинствами комплекта являются: наличие пробоотборника, который позволяет взять через отверстие масломерной линейки пробу для анализа из картера двигателя при температуре масла до 110°C за 2-3 минуты; наличие устройства для проверки шести свойств масла, питающегося от бортовой сети машины 12 или 24 В, а также от бытовой сети через понижающий трансформатор и не требующего применения фирменных расходных материалов; наличие универсального небьющегося вискозиметра и отсутствие лабораторной химической стеклянной посуды.

Особого внимания заслуживают приборы, разработанные и произведенные в США компанией On-Site Analysis, Inc. (OSA). Экспресс-лаборатории, созданные этой компанией являются на сегодняшний день шедевром инженерной мысли в области исследования качества ГСМ. Среди них – MOTORCHECK® ON-SITE ANALYZER, TRUCKCHECK® ONSITE ANALYZER, METALCHECK® ON-SITE ANALYZER, а также лабораторные комплексы – OSA3M FOR THE MILITARY и OSA3-M, OSA3 MicroLab™. Перечисленное оборудование может легко использоваться в полевых условиях, не требует специального образования у обслуживающего персонала и химмотологических знаний, использует небольшие количества исследуемых образцов моторных масел с получением значительного количества выходных физико-химических параметров (www.onsiteanalysis.com/pages/prod_military.html). Однако, при прочих преимуществах имеется и ряд недостатков. В оборудовании используются специальные фирменные жидкости для промывки и калибровки. Не секрет - трудно обслуживать оборудование на месте. Часто люди, использующие это оборудование, не имеют соответствующего образования и используют его вне рамок системы контроля качества, что не может гарантировать надежность работы оборудования, которое редко, либо вообще не поверяется. Регулярная поверка является обязательной для любого испытательного оборудования. Учитывая эти особенности сложно говорить об определении погрешностей и воспроизводимости получаемых результатов испытаний. К недостаткам следует также отнести, несмотря на регулярное обновление аналитической базы в режиме онлайн, отсутствие собственной обновляемой статистическо-аналитической базы, учитывающей рабочие условия эксплуатации двигателя и климатические особенности. Перечисленные недостатки могут осложнять выдачу точных рекомендаций по использованию оборудования и ресурса работающего моторного масла, но могут проводиться с целью мониторинга текущего состояния двигателя. Подобные исследования не могут заменить полноценного комплекса испытаний проводимого в лабораториях, аккредитованных в этой области. Никого не удивит высказывание, что стоимость двигателя является одной из главных составляющих в полном ценообразовании коммерческого и личного автотранспорта. Поэтому для собственника играет значительную роль поддержание на должном уровне рабочего состояния техники.

Инновации в области развития основных и вспомогательных средств производства становятся нормальным явлением в производстве ТСМ и технических средств, а также отраслей промышленности, использующих эту продукцию. Во всем прогрессивном мире проводится регулярный мониторинг состояния дорогостоящих в ремонте двигателей и используемых в них моторных масел. Помимо ВУЗов, экспресс-лабораторий, отраслевых лабораторий к решению этой проблемы подключились независимые исследовательские лаборатории, к числу которых относится POLARIS Laboratories.

Клиентами POLARIS Laboratories являются крупнейшие лидеры двигателестроения и производства моторных масел. Многолетнее тесное сотрудничество POLARIS Laboratories с этими компаниями оказалось полезным для всех его участников. Разработаны инструкции по отбору проб, и специальные комплексы испытаний для различных типов двигателей, с учетом условий их работы, позволяющие оценивать состояние двигателя и используемого в нем масла на период отбора пробы, а также уточнять сроки замены масла. Работа POLARIS Laboratories рассчитана на индивидуальный подход к каждому испытанию. Инновации в области усовершенствования общепринятых стандартных методов ASTM и разработки собственных методов позволяют лабораториям соответствовать темпу развития современного двигателестроения и создания новых смазочных материалов.

POLARIS Laboratories постоянно стремится идти по пути инноваций в области проведения испытаний ТСМ. Так, например, раньше многие использовали ИК-спектроскопический метод для определения количества топлива. Этот метод не дает точных результатов и требует, дополнительного определения температуры вспышки. Поэтому в лабораториях POLARIS Laboratories определение

степени разжижения моторного масла топливом производится на газовом хроматографе от PerkinElmer. Основанием изменений в методологическом подходе послужили: последние требования к составу дизельного масла CJ-4, требования ULSD, растущая популярность биодизеля, изменения в конструкции двигателя EGR, технологии DPF. Большое внимание в независимых лабораториях уделяется исследованиям моторных масел при помощи спектрометров ICP. Большинство лабораторий оценивает количество индикаторов износа, присадок и загрязнений по 17 элементам, в POLARIS Laboratories определяется 24 элемента. По наличию этих элементов можно точнее определить вероятность износа деталей двигателя, содержание присадок и накопления загрязнений (Cd – загрязнения из внешней среды; Ag – втулки поршневого пальца для EMD-двигателей №567 и №745 и некоторые припои сердцевин радиатора; Cd – загрязнения из внешней среды; Ti – клапаны, поршневые пальцы, подшипники и валы; V – сплавы металлов, загрязнение топливом для судовых дизелей; Sb – сплавы вкладышей подшипника отраслевого дизеля, направляющие втулок; Mn – некоторые валы; Li – контакт со смазкой и т.д.). При прочих преимуществах, есть и недостатки у этого метода исследования. К примеру, с помощью спектрометров ICP не возможно определить крупные частицы (больше 10 Мкм). Для этих целей более эффективны такие методы исследования, как квантификация частиц, количественная и качественная феррографии, позволяющие установить природу частиц, область и причину появления износа, размеры частиц износа, вид и глубину износа деталей двигателя (фрикционный износ, абразивный износ, скольжение металла по металлу, отслаивание, красные и черные оксидные пленки, термообработка и др.). Эти испытания позволяют клиентам, при незначительных затратах, установить оптимальные условия использования нефтепродуктов и определить надежность работы оборудования.

Выбор тех или иных методов диагностирования при организации оперативного контроля технического состояния машин по параметрам работающего масла на конкретном предприятии зависит от размеров парка и типа эксплуатируемой техники, экономического состояния предприятия, степени заинтересованности руководящего звена предприятия в снижении затрат на эксплуатацию техники и т.д. Для крупных предприятий наиболее приемлемым является вариант оптимального сочетания нескольких лабораторных методов, использование которых целесообразно для анализа проб в особо сложных случаях, и экспресс-методов для проведения основного объема анализов проб работающих масел. Средние и небольшие автотранспортные предприятия могут организовать оперативный контроль технического состояния ДВС на основе средств экспресс-анализа работающих масел. В практике использования комплектов экспресс-анализа имеют место примеры продолжительной их эксплуатации (в течение 8-10 лет) для оперативного контроля технического состояния машин в автохозяйстве. Применение экспресс-методов позволяет без потери качества проведения анализов работающих масел принципиально снизить затраты на проведение диагностических работ.

Библиография

1. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. – М.: КолосС, 2004. – 199 с.: (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
 2. Лышко Г.П., Потапов Ю.С., Алейнов И.Н. Топливо. Смазочные материалы и технические жидкости. – Кишинёв, Государственный Аграрный Университет Молдовы, 1997 – 486 с., ил. (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
 3. Никифоров А.Н. Научные основы использования топлива и смазочных материалов в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 247 с.
 4. Химмотология горюче - смазочных материалов. Сафонов А. С, Ушаков А. И., Гришин В. В. НПИКЦ, 2007. – 488 с.
- Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле [Текст] : учебное пособие / И. Г. Фукс, В. Г. Спиркин, Т. Н. Шабалина ; Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. - М. : ФГУП изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. - 279 с.