

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПО ПАРАМЕТРАМ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ
СТАБИЛЬНОСТИ
И ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТОЙКОСТИ

Монография

Институт нефти и газа



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBIRIAN FEDERAL UNIVERSITY

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПАРАМЕТРАМ
ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ
И ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТОЙКОСТИ**

Монография

Красноярск
СФУ
2011

УДК 621.892.09/.099.6
ББК 30.82
М54

Рецензенты:

В.Ф. Пичугин, доктор технических наук, профессор кафедры «Трибология и технология ремонта нефтегазового оборудования» Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина;

М.С. Бахарев, доктор технических наук, профессор кафедры «Естественно-научные дисциплины», директор Сургутского института нефти и газа (филиал) Тюменского государственного нефтегазового университета;

Б.И. Капранов, доктор технических наук, профессор кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета

Безбородов, Ю.Н.

М54 Методы контроля и диагностики эксплуатационных свойств смазочных материалов по параметрам термоокислительной стабильности и температурной стойкости: монография / Ю.Н. Безбородов, Б.И. Ковальский, Н.Н. Малышева, А.Н. Сокольников, Е.Г. Мальцева. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. – 366 с.

ISBN 978-5-7638-2225-0

Рассмотрены основные применяемые методы определения качества и оценки изменяющихся эксплуатационных свойств смазочных материалов. Представлены теоретические и экспериментальные результаты исследований по разработке новых методов оценки эксплуатационных свойств смазочных материалов по параметрам термоокислительной стабильности и температурной стойкости. Предложены новые критерии оценки влияния эксплуатационных факторов на ресурс смазочных материалов. Даны рекомендации по повышению обоснованного и эффективного их применения.

Предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, конструированием и эксплуатацией машин и механизмов, а также аспирантов и студентов технических специальностей.

УДК 621.892.09/.099.6
ББК 30.82

ISBN 978-5-7638-2225-0

© Сибирский федеральный
университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1. Методы определения основных эксплуатационных свойств смазочных материалов	10
1.1. Анализ методов оценки эксплуатационных свойств смазочных материалов	10
1.2. Методы оценки термоокислительной стабильности смазочных материалов	21
1.3. Новые ускоренные методы исследования смазочных материалов на термоокислительную стабильность	31
1.4. Методы высокотемпературных исследований окисления углеводородов	37
1.4.1. Стадии глубокого окисления углеводородов в работах современных исследователей	40
1.4.2. Предположительный механизм формирования структуры полярной наноразмерной гетерофазы в окисленных углеводородах	42
1.4.3. Влияние температуры на смазочный материал в режиме граничного трения	44
1.5. Современные методы определения температурной стойкости смазочных материалов	54
1.6. Метод оценки противоизносных свойств смазочных материалов	63
1.7. Метод исследования механохимических процессов при граничном трении	67
2. Теоретические и экспериментальные исследования по оценке эксплуатационных свойств смазочных материалов	77

2.1. Теоретические аспекты механизма окисления смазочных материалов	77
2.2. Особенности механизма окисления моторных масел при статических температурах	78
2.2.1. Смазочный материал как элемент механической системы	78
2.2.2. Результаты испытания моторных масел при статических температурах	80
2.3. Исследование влияния циклических изменений температуры испытания на процессы окисления моторных масел	99
2.4. Результаты исследования термоокислительной стабильности трансмиссионных масел при статических температурах	120
2.4.1. Особенности эксплуатационных свойств трансмиссионных масел	120
2.4.2. Результаты испытания трансмиссионных масел на термоокислительную стабильность при статических температурах	122
2.5. Особенности механизма окисления трансмиссионных масел при циклическом изменении температуры	134
2.5.1. Выбор трансмиссионных масел для испытаний на термоокислительную стабильность.	134
2.5.2. Отличия в механизмах окисления минеральных масел группы тм-5	135
2.6. Регрессионный анализ термоокислительного процесса смазочных материалов	155
2.6.1. Оценка результатов термоокислительных процессов методом регрессионного анализа при статических температурных нагружениях.	155

2.6.2. Оценка результатов термоокислительных процессов методом регрессионного анализа при циклических изменениях температуры	163
3. Испытания смазочных материалов на температурную стойкость	173
3.1. Методика испытания смазочных материалов на термостойкость.	173
3.2. Обоснование параметров испытания смазочных материалов на температурную стойкость.	175
3.3. Конструктивные особенности прибора для оценки температурной стойкости смазочных материалов.	178
3.4. Результаты испытания минеральных моторных масел.	183
3.5. Результаты испытания частично синтетических моторных масел	189
3.6. Результаты испытания синтетических моторных масел	196
3.7. Результаты испытания трансмиссионных масел	203
3.8. Результаты испытания на температурную стойкость работавших моторных масел.	207
3.9. Методика определения количественных показателей деструкции присадок	215
3.10. Процесс образования продуктов деструкции в работавших моторных маслах	222
4. Влияние эксплуатационных факторов на ресурс смазочных материалов	229
4.1. Влияние доливов на термоокислительные процессы смазочных материалов	229
4.2. Результаты исследования термоокислительных процессов смесей минеральных и синтетических масел	245

4.3. Результаты исследования влияния углеродистых сталей на термоокислительные процессы моторных масел	260
4.4. Результаты исследования влияния стали шх15 на термоокислительные процессы моторных масел	269
5. Результаты исследования противоизносных свойств смазочных материалов	285
5.1. Результаты исследования противоизносных свойств товарных моторных масел	285
5.2. Исследование связи между процессами окисления и противоизносными свойствами смазочных материалов.	289
5.3. Исследование противоизносных свойств отработанных моторных масел	304
5.4. Исследование механохимических процессов при граничном трении скольжения.	320
5.5. Метод определения предельного состояния работающих моторных масел	324
6. Разработка практических рекомендаций по эффективному использованию смазочных материалов.	326
6.1. Технология классификации жидких смазывающих материалов при сертификации и идентификации	326
6.2. Технология выбора смазочных материалов для узлов различной степени нагруженности на стадии проектирования	330
6.3. Технология диагностирования работающих смазочных материалов.	332
6.4. Технология определения температурной стойкости товарных смазочных материалов	337

6.5. Технология идентификации и классификации смазочных материалов по группам эксплуатационных свойств	339
6.6. Технология диагностирования работавших смазочных материалов.	340
6.7. Рекомендации по диагностированию систем двигателя внутреннего сгорания по параметрам температурной стойкости работавших масел.	340
6.8. Рекомендации по исследованию процесса деструкции присадок	343
Заключение	344
Библиографический список	347
Приложение	359

ВВЕДЕНИЕ

Надежность механических систем закладывается на стадии проектирования, обеспечивается при изготовлении и подтверждается в период эксплуатации техники. Большое влияние на показатели надежности оказывают смазочные масла. Поэтому на стадии проектирования конструкторские коллективы должны обеспечиваться методической базой по выбору и полной информацией не только по прочностным характеристикам материалов деталей машин, но и смазочным маслам, включающей: температурную область применения, совместимость с материалами пар трения, противоизносные свойства, термоокислительную стабильность, несущую способность граничного слоя, склонность к формированию защитных слоев на поверхностях трения и антикоррозионные свойства. Такой полной информации проектировщики не имеют.

На стадии изготовления машин и механизмов, при разработке технологий упрочнения деталей не учитываются фактические температуры в зоне фрикционного контакта, процессы, протекающие на поверхностях трения и в самом смазочном материале, влияющие на коррозионно-механическое изнашивание.

В существующей системе планово-предупредительных работ предусмотрен контроль ресурса смазочных масел по наработке в моточасах и пробегу в километрах пройденного пути, что объективно не может учитывать фактическое состояние применяемых масел и техническое состояние узлов трения и системы фильтрации, режимы и условия эксплуатации техники. Поэтому эта система наряду со своей простотой не в полной мере направлена на повышение эффективного использования применяемых масел.

Вследствие этого, одной из основных задач, связанных с повышением технических и эксплуатационных показателей проектируемой и эксплуатируемой техники, является подбор соответствующих смазочных масел, выбор оптимальных режимов эксплуатации и смазки.

Эффективное и обоснованное применение смазочных материалов имеет большое значение для экономики страны. Смазочные масла, оптимально подобранные для решения конкретной технической задачи, могут дать значительный эффект за счет экономии энергии, снижения износа, затрат на техническое обслуживание и ремонт, увеличения срока службы машин и оборудования, и, наконец, они могут быть рациональным средством решения актуальных проблем экологии и охраны окружающей среды.