

На правах рукописи



Балясников Валерий Александрович

**МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ РАЗЛИЧНОЙ
БАЗОВОЙ ОСНОВЫ И НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность:

05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ,
материалов и изделий

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор,
Безбородов Юрий Николаевич

Официальные оппоненты: *Власов Юрий Алексеевич*,
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра «Автомобильный транспорт и электротехника», заведующий кафедрой

Чухланцева Марина Михайловна,
кандидат технических наук, доцент,
Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области», директор

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», г. Москва

Защита диссертации состоится 18 апреля 2019 г. в 16:00 на заседании диссертационного совета Д 212.099.26, созданного на базе Сибирского федерального университета по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26 ауд. УЛК 112

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Сибирского федерального университета www.sfu-kras.ru.

Автореферат разослан ____ марта 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Кайзер Юрий Филиппович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современный уровень развития техники и технологий, качественно новые транспортно – технологические средства, динамические характеристики тепловых двигателей требуют применение высокоэффективных моторных и трансмиссионных смазывающих материалов, производство которых, возможно при наличии новейших технологий, производственных мощностей, средств и методов контроля качества.

При выборе масла для двигателей внутреннего сгорания нефорсированных или с различной степенью форсированности, используют классификацию по SAE, API и по ГОСТ 17479.1 – 58. Проблема выбора масел по приведенным классификациям состоит в том, что в них не отражены рабочие температуры масел по параметрам окисления и испарения, при которых смазывающий материал может максимально сохранять свои эксплуатационные свойства, а при каких температурах у масла резко уменьшается его ресурс. В классификациях отсутствует методика сравнительной оценки температурных характеристик масел, различной базовой основы и назначения.

Ранее проведенными исследованиями на окисление смазочных масел, с применением метода прямого фотометрирования, было установлено, что одно и то же значение оптической плотности наступает, для масел одной и той же базовой основы и группы эксплуатационных свойств, в разное время. Из этого следует, что при производстве на НПЗ в масла закладывается разный потенциальный ресурс.

Существующая система оценки качества и классификации по группам эксплуатационных свойств и классам вязкости не отвечают современным требованиям и требуют модернизации, суть которой заключается в оценке показателей влияния эксплуатационных температур на свойства применяемых масел, к которым можно отнести термоокислительную стабильность.

Поэтому разработка средств и методов контроля термоокислительных показателей работоспособности смазочного материала, является актуальной задачей, решение которой позволит создать теоретические и практические разработки, направленные на повышение эффективности использования смазочных масел и надежности механических систем.

Научная идея. Заключается в разработке метода контроля температурной области работоспособности смазочных материалов различной базовой основы и назначения, включающего определение: температур начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, критические и предельно допустимые температуры этих процессов, что позволит обоснованно выбирать смазочные материалы для техники различной степени нагруженности и совершенствовать систему классификации.

Степень научной проработанности темы. Научное и практическое значение представляет исследования для определения температурной области работоспособности смазочных масел, включающих определение температур начала процессов окисления, испарения, а также критических температур этих процессов и предельно допустимых температур. Существенный вклад в изучение механизма окисления внесли: А.Н. Соловьев, Ю.Д. Третьяков, Я.Б. Чертков, В.С. Азев, Т.И. Кирсанова, Б. И. Ковальский, Г. И. Шор и другие.

На основе анализа патентной и научно – технической литературы в настоящей работе предложены новые технологии определения температурных пределов работоспособности смазочных масел, позволяющие расширить информацию о их качестве и разработать предложения по совершенствованию их классификации по группам эксплуатационных свойств.

Объект исследования: Моторные и трансмиссионные масла различной базовой основы.

Предмет исследования: Температурные показатели работоспособности смазочных масел, различной базовой основы и назначения.

Цель диссертационной работы. Расширить информацию о температурной области работоспособности смазочных масел различной базовой основы и назначения, позволяющую осуществлять глубокий контроль качества при их производстве и классификации.

Задачи исследования:

1. Разработать метод контроля температурной области работоспособности смазочных масел различной базовой основы и назначения.
2. Установить влияние заданных температур и времени испытания на показатели работоспособности смазочных масел.
3. Исследовать смазочные масла различной базовой основы и назначения при ступенчатом увеличении и понижении температуры испытания в диапазоне от 120 до 200 °С, определить показатели: температур начала процессов окисления, испарения, температурных преобразований. Определить критические и предельно допустимые температуры в протекающих процессах.
4. Разработать практические рекомендации по технологиям контроля температурной области работоспособности смазочных масел различного назначения, предлагаемых в качестве критерия оценки при совершенствовании системы классификации смазочных материалов по группам эксплуатационных свойств.

Научная новизна работы:

1. Разработан метод контроля температурной области работоспособности смазочных масел, различной базовой основы и назначения, позволивший определить температуры начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, критические и предельно допустимые температуры этих процессов.

2. Установлено влияние заданных температур и времени испытания на показатели работоспособности смазочных масел различного назначения, что позволило обосновать методику исследования для их сравнения.

3. Получены функциональные зависимости и регрессионные уравнения процессов окисления, испарения и температурных преобразований в смазочных маслах различных базовых основ и назначения. Установлены и обоснованы предельно допустимые температуры работоспособности смазочных масел и влияние базовой основы на этот показатель.

4. Установлены предельно допустимые температуры работоспособности смазочных масел по процессу температурных преобразований, которые предложены в качестве критериев их классификации по группам эксплуатационных свойств.

Практическая значимость. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны и внедрены практические рекомендации, включающие технологии определения температур начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, протекающих в смазочных маслах, а также предложения по совершенствованию системы классификации по группам эксплуатационных свойств.

Методы исследования. Решение поставленных задач осуществлялась с применением оптических, физических методов исследования и регрессионного анализа экспериментальных данных.

При выполнении работы применялись стандартные и специально разработанные средства контроля и испытания, а для обработки экспериментальных данных использовались методы математической статистики и регрессионного анализа.

На защиту выносятся:

1. Метод контроля температурной области работоспособности смазочных масел различной базовой основы и назначения.

2. Результаты исследования влияния заданных температур и времени испытания на температурную область работоспособности смазочных масел.

3. Результаты обоснования температурных показателей работоспособности смазочных масел различной базовой основы и назначения.

4. Практическая рекомендация по технологиям контроля температурной области работоспособности смазочных масел различного назначения

и совершенствованию системы классификации смазочных масел по группам эксплуатационных свойств.

Достоверность полученных результатов. Подтверждается экспериментально и теоретически, научные положения аргументированы, теоретические результаты при выполнении работы получены при использовании положений теплотехники, оптики, выводы подтверждены экспериментальными исследованиями, сопоставимы с результатами других авторов и результатами математической обработки с использованием сертифицированных программ.

Реализация результатов работы. Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры «Топливообеспечения и горюче – смазочных материалов» Института нефти и газа «Сибирского Федерального Университета», а так же на предприятии АО «ТАЙМЫРСКАЯ ТОПЛИВНАЯ КОМПАНИЯ».

Апробация работы. Основные научные положения и результаты теоретических и экспериментальных исследований докладывались на:

1. Научно-технических семинарах кафедры «Топливообеспечение и горюче – смазочные материалы» института нефти и газа «Сибирского федерального университета» (Красноярск, 2015 – 2018 гг.).
2. XXIV Научно практической конференции: «Тенденции развития науки и образования» (Самара 31. 03. 17).
3. IV международной научно – практической конференции: «Наука и инновации в XXI веке (Пенза 05.06.17).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, включая 6 работ в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, 1 Scopus. Получен патент № 2627562, а также выступление на 2 научно практических конференциях.

Личный вклад автора. Автором лично разработан метод контроля температурной области работоспособности смазочных масел, проведены исследования по определению температур начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований., критических и предельно допустимых температур работоспособности. Участвовал в написании научных статей и тезисов научных конференциях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, степень разработанности темы, поставлены цель и задачи исследо-

вания, сформулированы основные положения выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первом разделе проведен анализ современных методов по определению температурной области работоспособности и представлена информация по классификации масел по классам вязкости SAE, и группам эксплуатационных свойств API и ГОСТ 17479.85.

Установлено, что температура является важным фактором, влияющим как на надежность двигателя внутреннего сгорания, так и на ресурс моторного масла, поэтому определение предельных температурных показателей для моторных масел является актуальной задачей, направленной на обоснованный их выбор. Проведенный анализ показал, что в классификациях отсутствует параметр отражающий температурную область работоспособности смазочных материалов.

Анализ моторных масел различной базовой основы показал, что предельной температурой работоспособности минеральных масел является температурный диапазон от 180 до 200 С°, а наиболее высокий установлен для синтетических масел до 300 С°.

На основе проведенного анализа методов определения температурных показателей работоспособности смазочных материалов, показана необходимость разработки новых, более информативных и менее трудоемких методов контроля.

Второй раздел посвящен разработке комплексной методики контроля смазочных масел, включающей определение температур начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, критических и предельно допустимых температур этих процессов, обоснование выбора моторных масел и средств измерения, математической обработке экспериментальных данных, определению погрешности измерительных средств.

Методика исследования предусматривает использование таких средств испытания и измерения, как прибор для термостатирования масел с перемешиванием, фотометр для прямого фотометрирования и весы. Схема комплексного метода контроля представлена на рисунке 1.

Методика исследования заключалась в следующем. Проба смазочного масла постоянной массы ($100 \pm 0,1$ г) заливалась в стеклянный стакан прибора для термостатирования и термостатировалась в течение 8 – ми часов с перемешиванием стеклянной мешалкой с частотой вращения 300 об / мин при температурах от 150 до 180 °С (цикл повышения температуры). Затем новая проба масла термостатировалась также 8 – мь часов при температурах от 180 до 150 °С (цикл понижения температуры). Температура термостатирования в процессе испытания и частота вращения мешалки поддерживались автоматически. После каждых 8 – ми часов термостатирования проба окисленного масла взвешивалась, определялись масса испарившегося масла, от-

биралась часть окисленного масла 2 г для прямого фотометрирования и определения оптической плотности окисленного масла D :

$$D = \lg \frac{\varphi}{\varphi_0}, \quad (1)$$

где φ - монохроматический световой поток падающий на слой окисленного масла; φ_0 - световой поток прошедший через слой окисленного масла;

Показатель термоокислительной стабильности рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{мос}} = D + K_g \quad (2)$$

где K_g - коэффициент испаряемости.

$$K_g = \frac{m}{M}, \quad (3)$$

где m – масса испарившегося масла, г; M – масса пробы до испытания, г.

На рисунке 1 представлен алгоритм испытания смазочных масел по определению температурных показателей работоспособности.

Введены следующие обозначения: $T_{н.о}$ - температура начала окисления; $T_{н.и}$ - температура начала испарения; $T_{н.пр}$ - температура начала преобразований в масле; $T_{кр.о}$ - критическая температура окисления; $T_{кр.и}$ - критическая температура испарения; $T_{кр.пр}$ - критическая температура процессов преобразования в масле; $T_{н.д.о}$ - предельно допустимая температура процессов окисления; $T_{н.д.и}$ - предельно допустимая температура процессов испарения; $T_{н.д.пр}$ - предельно допустимая температура преобразований в масле.

По полученным данным оптической плотности D , испаряемости G и коэффициенту термоокислительной стабильности $P_{\text{мос}}$, строились графические зависимости от температуры термостатирования в циклах повышения и понижения температуры, испытания по которым определялись регрессионные уравнения. Причем, по регрессионным уравнениям, полученным в циклах повышения температуры испытания, определялись температуры начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований в исследуемом масле, а в циклах понижения температуры определялись критические температуры этих процессов. Это позволило установить влияние базовой основы, класса вязкости и группы эксплуатационных свойств на температурные показатели работоспособности исследуемых масел, их сравнивать и определить соответствие классификации.

Совместное решение регрессионных уравнений показателей термоокислительной стабильности [$D=f(T)$; $G=f(T)$; $\Pi_{\text{тос}}=f(T)$] в циклах повышения и понижения температуры определяет температуру, при которой происходит их пересечение, названную предельно допустимой температурой работоспособности.

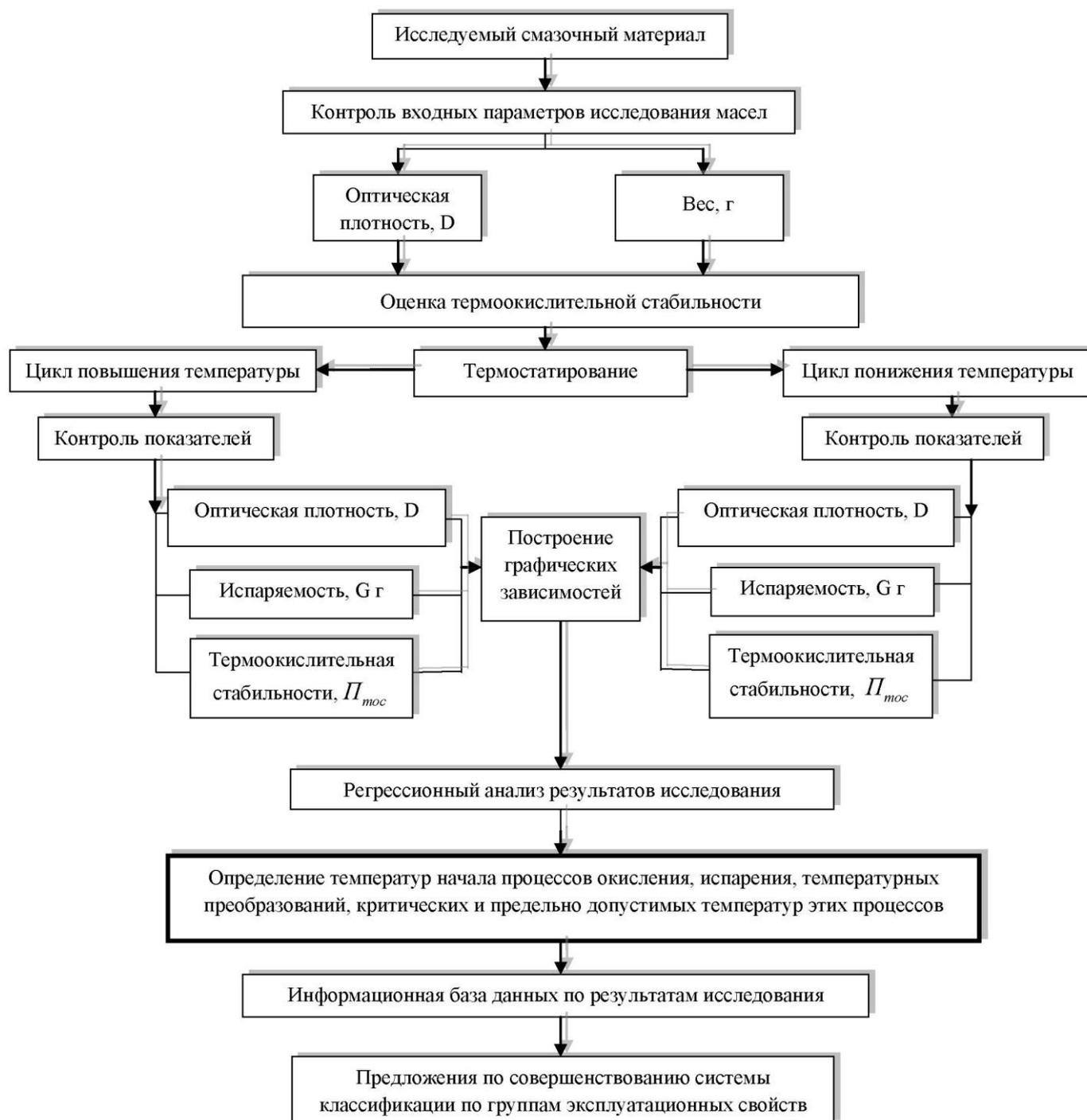


Рисунок 1 - Схема методики определения температурных показателей работоспособности смазочных масел.

Третий раздел посвящен исследованию влияния времени испытания и заданных температур на температурные показатели работоспособности смазочных материалов. На основе проведенных исследований показано, что время проведения испытания влияет на предельную температуру процессов окисления, испарения и температурных преобразований, а также влияет на начальную и критическую температуры этих процессов. Для проведения опытов рекомендуется выбирать определенный фиксированный диапазон температур.

В качестве примера, исследования влияния времени испытания на температурную область работоспособности смазочных материалов, приведены результаты исследования частично синтетического моторного масла Castrol Magnatec 10W – 40 R SL / CF.

В таблице 1 приведены экспериментальные данные масла Castrol MAGNATEC 10W – 40 R SL / CF при 6, 8 и 10 часов испытания.

Регрессионные уравнения зависимостей оптической плотности, испаряемости и коэффициента термоокислительной стабильности от температуры испытания в циклах повышения и понижения температуры сведены в таблице 2, с помощью которых вычислены температуры начала процессов окисления, испарения и изменения коэффициента термоокислительной стабильности, критические температуры, а также предельно допустимые температуры работоспособности исследуемого моторного масла.

Из приведенных данных (таблица 2) следует, что при 6-ти часовых испытаниях, температура начала процессов окисления – 150,9 С°, испарения составляет – 134,7 С°, температурных преобразований составляет – 143,8 С°. Критическая температура составляет для: процессов окисления – 184,5 С°, испарения – 200 С°, температурных преобразований – 190,5 С°. Предельная температура составляет для: процессов окисления – 173,3 С°, испарения – 173 С°, температурных преобразований – 173,2 С°.

При 8-ми часовых испытаниях температура начала процессов окисления – 152,2 С°, испарения составляет – 141,1 С°, преобразований – 150,2 С°. Критическая температура составляет для процессов окисления – 191 С°, для испарения – 197,8 С°, для преобразований – 192,2 С°. Предельная температура составляет для процессов окисления – 178,3 С°, для испарения – 172,9 С°, для преобразований – 176,7 С°.

На рисунке 2 представлены зависимости оптической плотности, испаряемости и коэффициента термоокислительной стабильности от температуры испытания в циклах повышения (кривая 1) и понижения (кривая 2) температуры испытания для 6, 8 и 10 часовых испытаний.

В качестве примера, исследования влияния температурного диапазона на температурную область работоспособности смазочных материалов, приведены результаты исследования минерального моторного масла Mobil Super 1000 15W – 40 SL / CF (таблица 3).

Таблица 1 – Экспериментальные данные исследования моторного масла Castrol MAGNATEC 10W – 40 R SL / CF.

| Марка масла | Цикл температур | Температура испытания, °С | Показатели термоокислительной стабильности | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|--------|--------|--------------------|-----|-----|--|--------|--------|
| | | | Оптическая плотность, D | | | Испаряемость, G | | | Термоокислительная стабильность, $P_{тос}$ | | |
| | | | Время испытания, ч | | | Время испытания, ч | | | Время испытания, ч | | |
| | | | 6 | 8 | 10 | 6 | 8 | 10 | 6 | 8 | 10 |
| Castrol MAGNATEC 10W – 40 R SL / CF | Повышение | 150 | 0 | 0,0033 | 0,003 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,0060 | 0,0113 | 0,0093 |
| | | 160 | 0,0067 | 0,0070 | 0,01 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 0,0198 | 0,0210 | 0,0225 |
| | | 170 | 0,0270 | 0,0260 | 0,029 | 1,9 | 2,5 | 2,2 | 0,0464 | 0,0520 | 0,0513 |
| | | 180 | 0,0548 | 0,0600 | 0,0762 | 2,9 | 4,0 | 3,8 | 0,0848 | 0,1040 | 0,1156 |
| | Понижение | 180 | 0,0202 | 0,0478 | 0,0510 | 1,8 | 2,2 | 2,3 | 0,0382 | 0,0698 | 0,0778 |
| | | 170 | 0,0408 | 0,0834 | 0,0650 | 2,4 | 3,2 | 3,1 | 0,0654 | 0,1163 | 0,0938 |
| | | 160 | 0,0548 | 0,1128 | 0,0790 | 2,8 | 3,7 | 3,6 | 0,0838 | 0,1515 | 0,1136 |
| | | 150 | 0,0619 | 0,1354 | 0,0907 | 3 | 4,2 | 3,9 | 0,0933 | 0,1799 | 0,1315 |

Таблица 2 – Регрессионные уравнения процессов окисления, испарения и изменения коэффициента термоокислительной стабильности при испытании частично синтетического моторного масла Castrol MAGNATEC 10W – 40 R SL / CF.

| Время испытаний, ч | Регрессионные уравнения цикла повышения температуры испытания | Температуры начала процессов, С° |
|--------------------|--|---------------------------------------|
| 6 | $D = 5,275 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0,0155605 \cdot T + 1,146895$ | 150,9 |
| | $G = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 0,1725 \cdot T + 9,625$ | 134,7 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 6,15 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0,017665 \cdot T + 1,27195$ | 143,8 |
| 8 | $D = 7,5 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0,02285 \cdot T + 1,743$ | 152,2 |
| | $G = 0,00225 \cdot T^2 - 0,6355 \cdot T + 45,495$ | 141,1 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 1,05 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 0,03155 \cdot T + 2,381$ | 150,2 |
| 10 | $D = 0,000089 \cdot T^2 - 0,026954 \cdot T + 2,04236$ | 151,3 |
| | $G = 0,0025 \cdot T^2 - 0,719 \cdot T + 52,21$ | 143,6 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 0,0001245 \cdot x^2 - 0,037657 \cdot x + 2,85833$ | 151,2 |
| | Регрессионные уравнения цикла понижения температуры испытания | Критические температуры процессов, С° |
| 6 | $D = -3,375 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,0097465 \cdot T - 0,640685$ | 184,5 |
| | $G = -0,001 \cdot T^2 + 0,29 \cdot T - 18$ | 200 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = -4,425 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,0127655 \cdot T - 0,825895$ | 190,5 |
| 8 | $D = -3,25 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,007795 \cdot T - 0,30305$ | 191 |
| | $G = -0,00125 \cdot T^2 + 0,3475 \cdot T - 19,825$ | 197,8 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = -4,75 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,012025 \cdot T - 0,55625$ | 192,2 |
| 10 | $D = -0,0000075 \cdot T^2 + 0,001165 \cdot T + 0,08415$ | 209 |
| | $G = -0,00125 \cdot T^2 + 0,3595 \cdot T - 21,905$ | 199,9 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = -0,00000725 \cdot T^2 + 0,0004395 \cdot T + 0,228745$ | 210,5 |
| | Регрессионные уравнения определения предельно допустимой температуры | Предельно допустимые температуры, С° |
| 6 | $D = 0,0000865 \cdot T^2 - 0,025307 \cdot T + 1,78758$ | 173,3 |
| | $G = 0,00175 \cdot T^2 - 0,4625 \cdot T + 27,625$ | 173 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 0,00010575 \cdot T^2 - 0,0304305 \cdot T + 2,097845$ | 173,2 |
| 8 | $D = 0,0001075 \cdot T^2 - 0,030645 \cdot T + 2,04605$ | 178,3 |
| | $G = 0,0035 \cdot T^2 - 0,983 \cdot T + 65,32$ | 172,9 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 0,0001525 \cdot T^2 - 0,043575 \cdot T + 2,93725$ | 176,7 |
| 10 | $D = 0,0000965 \cdot T^2 - 0,028119 \cdot T + 1,95821$ | 176,2 |
| | $G = 0,00375 \cdot T^2 - 1,0785 \cdot T + 74,115$ | 174 |
| | $\Pi_{\text{тоc}} = 0,00013175 \cdot T^2 - 0,0380965 \cdot T + 2,629585$ | 175,3 |

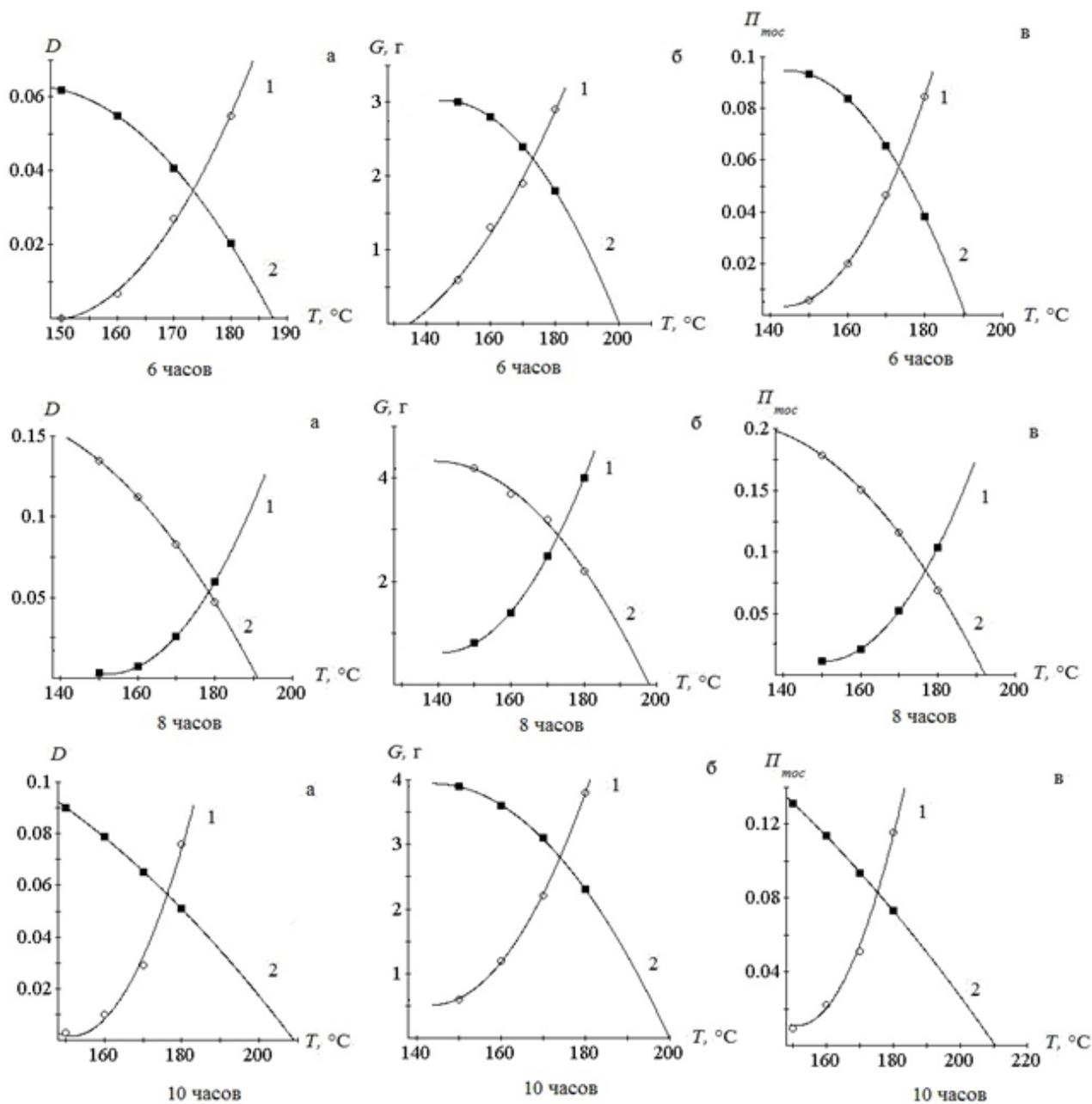


Рисунок 2 – Зависимости оптической плотности (а), испаряемости (б) и показателя термоокислительной стабильности (в) от температуры окисления частично синтетического моторного масла Castrol MAGNATEC 10W – 40 R SL / CF: 1 – цикл повышения температуры; 2 – цикл понижения температуры.

На основе проведенных исследований показано, что проведенная проверка температурных показателей при разном времени испытания и при разном температурном диапазоне, показала, что для сравнения масел одного назначения целесообразно проводить исследования при одинаковом значении времени и температурном диапазоне испытания.

Таблица 3 – Сравнительный анализ данных температур при разных температурных диапазонах испытания.

| Показатели термоокислительной стабильности | Температурный диапазон испытаний от 150 до 180 С° | Температурный диапазон испытаний от 160 до 190 С° |
|--|---|---|
| | Температуры начала процессов, С° | |
| Окисление | 159 | 169 |
| Испарение | 144,7 | 155,3 |
| Температурные преобразования | 157 | 166 |
| | Критические температуры процессов, С° | |
| Окисление | 191,2 | 204,5 |
| Испарение | 204,4 | 218,1 |
| Температурные преобразования | 191,6 | 205,4 |
| | Предельно допустимые температуры, С° | |
| Окисление | 174 | 180,6 |
| Испарение | 174 | 184,9 |
| Температурные преобразования | 174 | 180,8 |

Четвертый раздел содержит результаты экспериментальных исследований температур начала, критических и предельно допустимых температур процессов окисления, испарения и температурных преобразований.

Для исследования были выбраны два вида смазочных материалов, моторные и трансмиссионные масла.

В качестве моторных масел выбраны масла трех базовых основ: минеральной, частично синтетической и синтетической.

Минеральные масла: ZIC HIFLO 10W – 40 API SL, Роснефть OPTIMUM SAE 10W – 40 SG / CD, Лукойл СТАНДАРТ 10W – 40 SF / CC, Mobil Super 1000 15W – 40 SL / CF, Castrol GTX Professional A3 10W – 40 SL / CF.

Для испытаний трансмиссионных масел, выбраны: минеральное масло Лукойл трансмиссионное 80W – 90 TM – 5 (GL – 5), частично синтетическое G - Vox EXPERT 75W – 90 GL – 5 и синтетическое масло MOTUL gear 300 SAE 75W – 90 API GL – 4, GL – 5.

Частично синтетические масла: Роснефть Maximum 10W – 40 SL / CF, Castrol Magnatec 10W – 40 R SL / CF, Лукойл Люкс 5W – 40 SL / CF, Motul 6100 Synergie + 5W – 30 SL / CF.

Синтетические масла: elf EVOLUTION 900 5W – 40 NF, Лукойл Люкс 5W – 40 SN / CF, GAZPROMNEFT PREMIUM N SAE 5W – 40 SN / CF, Kixx G1 5W – 40 SN / CF, Alpha`s 5W – 40 SN.

Сравнительные данные испытаний трансмиссионных масел представлены на рисунке 3, данные моторных масел представлены на рисунке 4.

Проанализировав гистограмму (рисунок 3) можно сделать выводы, что предельные температуры масла с частично синтетической базовой основой отличаются приблизительно на 10 градусов от температур процессов масел с минеральной базовой основой.

Предельно допустимые температуры синтетического масла превосходят температуры частично синтетического масла приблизительно на 20 градусов. Синтетическая базовая основа имеет существенное отличие от минеральной и частично синтетической базовых основ.

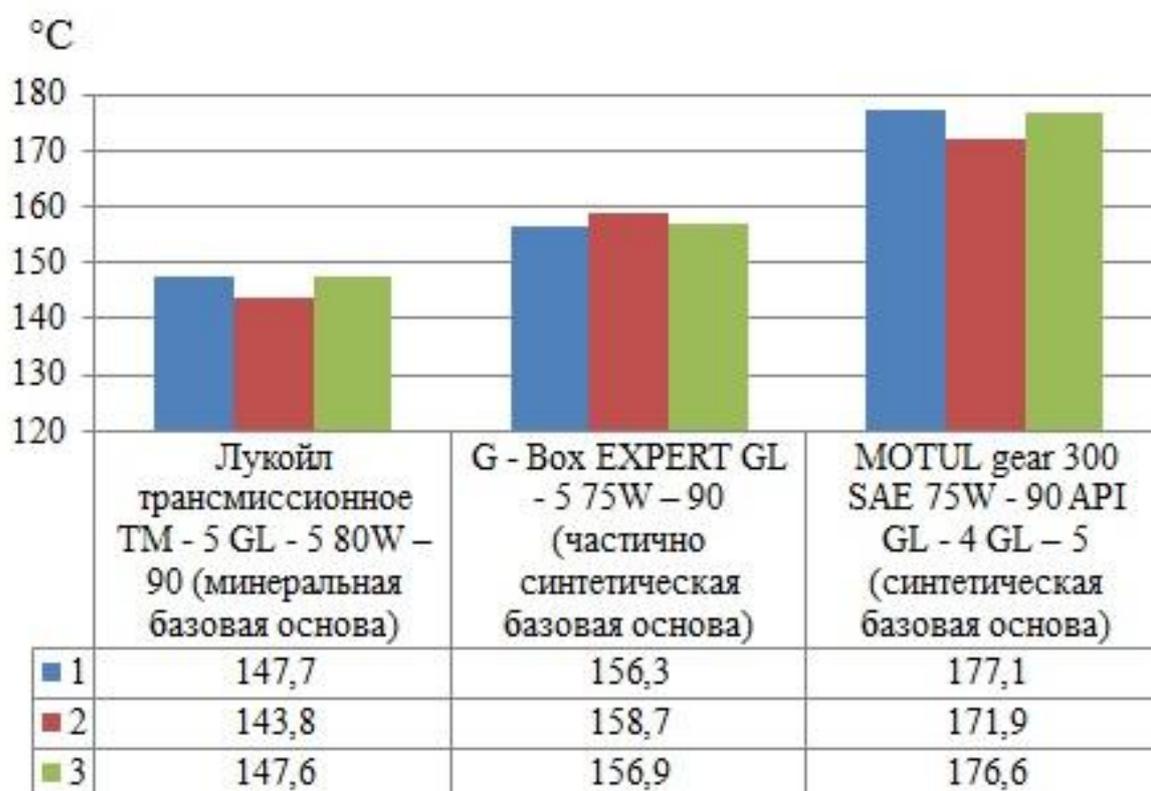


Рисунок 3 – Гистограмма предельных температур процессов окисления (1), испарения (2) и температурных преобразований (3).

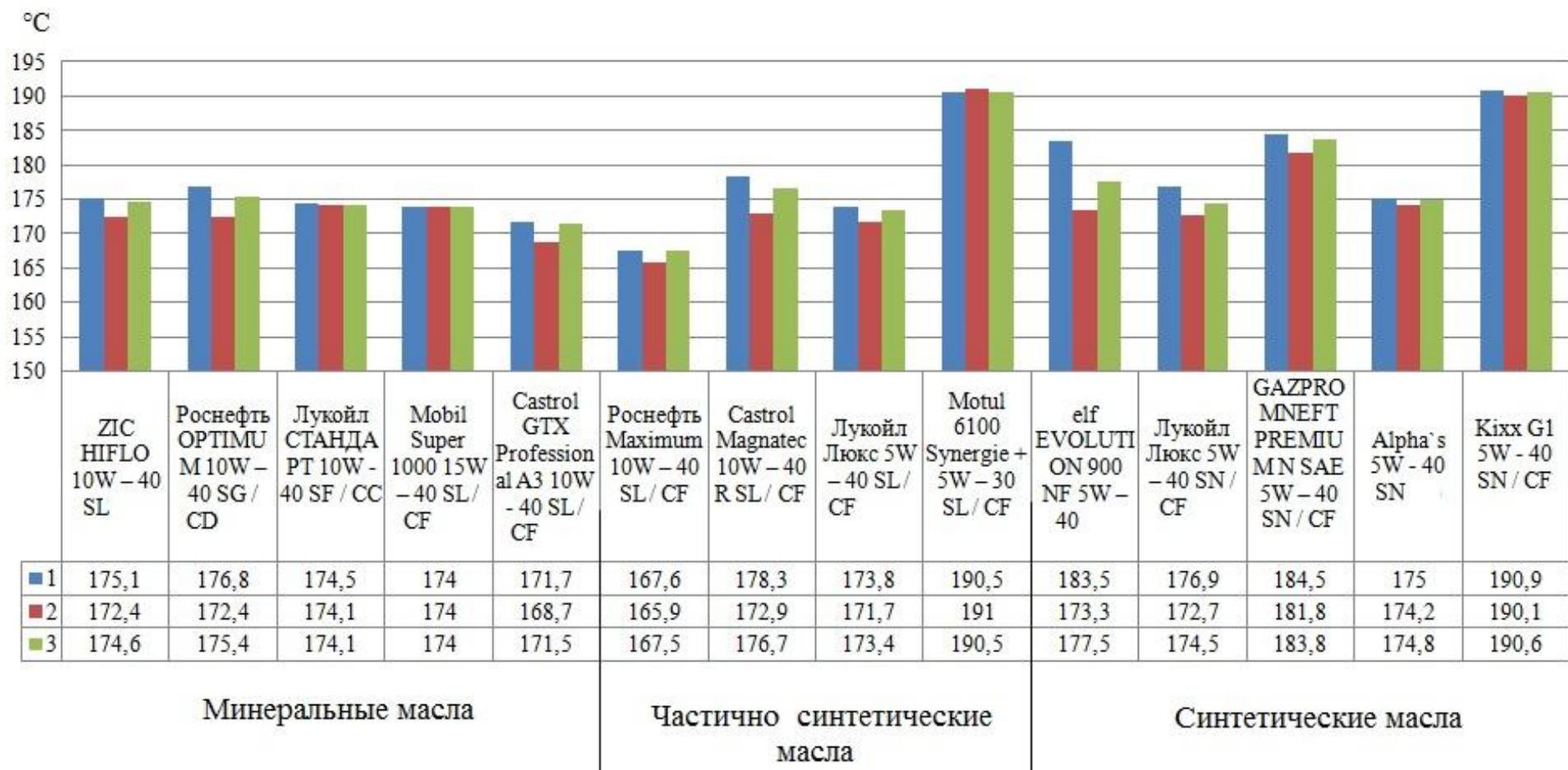


Рисунок 4 – Гистограмма минеральных (М), частично синтетических (ПС) и синтетических (С) моторных масел, где 1 – предельная температура окисления, 2 – предельная температура испарения, 3 – предельно допустимая температура процесса температурных преобразований.

Исходя из анализа (Рисунок 3 и 4), можно сделать вывод о влиянии базовой основы на температурные показатели работоспособности смазочных масел. Так, минимальные значения имеют масла с минеральной базовой основой, большими значениями температур обладают частично синтетические масла. Максимальные значения предельно допустимых температур процессов имеют синтетические масла.

Сравнив минеральные моторные масла по классам эксплуатационных свойств SL, частично синтетические моторные масла с классом SL / CF и синтетические моторные масла с классом SN, можно сделать вывод, что масла обладающие одной базовой основой и одним классом эксплуатационных свойств имеют разные показатели предельных температур по процессу температурных преобразований.

Анализ показателей трансмиссионных масел с минеральной, частично синтетической и синтетической базовыми основами, одинаковой группы эксплуатационных свойств GL 5, показал значительные различия в температурных показателях, они выше по сравнению с минеральным маслом у частично синтетического и синтетического масел.

Пятый раздел содержит рекомендации по использованию методики контроля температурной области работоспособности для различных видов смазочных материалов. Предложено внести дополнительную классификацию смазочных материалов по температурам начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, что позволит обоснованно осуществлять их выбор и повысить эффективность использования смазочного материала. В таблице 4 изложены предложения по совершенствованию системы классификации смазочных материалов по системе API.

Таблица 4 – Предложение по усовершенствованию существующей системы классификации.

| Вид смазочного материала | Базовая основа | Масло | Группа эксплуатационных свойств, API | Предельная температура преобразований, С° |
|--------------------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Моторное масло | Минеральная | ZIC HIFLO 10W – 40 | SF / CC | 174,6 |
| | | Роснефть OPTIMUM 10W – 40 | SG / CD | 175,4 |
| | | Лукойл СТАНДАРТ 10W - 40 | SF / CC | 174,1 |
| | | Mobil Super 1000 15W – 40 | SL / CF | 174 |
| | | Castrol GTX Professional A3 10W - 40 | SL / CF | 171,5 |

Окончание таблицы 4.

| | | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|
| | Частично синтетическая | Роснефть Maximum 10W – 40 | SL / CF | 167,5 |
| | | Castrol Magnatec 10W – 40 R | SL / CF | 176,7 |
| | | Лукойл Люкс 5W – 40 | SL / CF | 173,4 |
| | | Motul 6100 Synergie + 5W – 30 | SL / CF | 190,5 |
| | Синтетическая | elf EVOLUTION 900 NF 5W – 40 | SL/CF | 177,5 |
| | | Лукойл Люкс 5W – 40 | SN / CF | 174,5 |
| | | GAZPROMNEFT PREMIUM N 5W – 40 | SN / CF | 183,8 |
| | | Alpha`s 5W - 40 | SN | 174,8 |
| | | Kixx G1 5W - 40 | SN / CF | 190,6 |
| | Трансмиссионные масла | Минеральная | Лукойл трансмиссионное 80W – 90 | GL – 5, TM - 5 |
| Частично синтетическая | | G - Voh EXPERT 75W – 90 | GL - 5 | 156,9 |
| Синтетическая | | MOTUL gear 300 75W - 90 | GL - 4 GL – 5 | 176,6 |

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Разработан метод контроля температурной области работоспособности смазочных масел различной базовой основы и назначения, включающий применение прибора для термостатирования, фотометра и весов, позволяющий определить температуры начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, критические и предельно допустимые температуры этих процессов.

2. Исследовано влияние базовой основы смазочных масел, времени и заданных температур испытания на температурную область работоспособности, что позволило обосновать значения параметров испытания для масел различного назначения и определить относительную погрешность.

3. Получены функциональные зависимости и регрессионные уравнения процессов окисления, испарения и температурных преобразований в исследуемых смазочных маслах при ступенчатом увеличении и уменьшении температуры испытания в диапазоне от 120 до 200 °С, что позволило определить температуры начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований в масле, критические и предельно допустимые температуры, и тем самым расширить информацию о температурной области работоспособности смазочных масел различного назначения, направленную на обосно-

ванный их выбор и сравнение для трибосистем различной степени нагруженности.

4. Установлены количественные показатели температурной области работоспособности смазочных материалов, включающих температуры начала процессов окисления, испарения и температурных преобразований, а также критические температуры этих процессов и предельно допустимые температуры. Предложен критерий сравнения смазочных масел одного назначения, определяемый предельно допустимой температурой температурных преобразований, учитывающий процессы окисления и испарения.

5. Разработаны практические рекомендации по определению температурной области работоспособности смазочных материалов и совершенствованию системы классификации по группам эксплуатационных свойств, включающие технологии определения температурных показателей работоспособности.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях SCOPUS

1. Ermilov E. A. Substantiation of optical criterions of thermal-oxidative stability of lubricating oil / B. I. Kovalski, V. A. Balyasnikov, D. V. Agrovichenko, V. Z. Oleynik, V. I. Afanasov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 87, Is. 8

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

2. Балясников, В. А. Результаты исследования влияния времени испытания на температурные показатели работоспособности трансмиссионного масла G – Vox Expert 75W – 90 GL 5 / В. А. Балясников, Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Е. А. Ермилов, Н. С. Батов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. №2. С. 122 – 125.

3. Балясников, В. А. Результаты исследования влияния времени испытания на температурные показатели работоспособности моторных масел / В. А. Балясников, Б. И. Ковальский, Д. В. Агровиченко, Е. А. Ермилов, Н. С. Батов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. №2. С. 115 – 121.

4. Балясников, В. А. Метод контроля температурных пределов работоспособности трансмиссионных масел различной базовой основы / В. А. Балясников, Б. И. Ковальский, Е. А. Ермилов, Н. С. Батов, В. И. Афанасов // Известия ТулГУ. – 2017. №4. С. 163 – 171.

5. Балясников, В. А. Метод контроля температурных пределов работоспособности синтетических моторных масел / В. А. Балясников, Б. И. Ковальский, Е. А. Ермилов, Н. С. Батов, Ю. Н. Безбородов // Известия ТулГУ. – 2017. №4. С. 123 – 131.

6. Балясников, В. А. Метод контроля температурных пределов работоспособности полусинтетических моторных масел / В. А. Балясников, Б. И.

Ковальский, Е. А. Ермилов, Н. С. Батов, В. И. Афанасов // Известия ТулГУ. – 2017. №3. С. 118 – 125.

7. Балясников, В. А. Метод контроля температурных пределов процессов работоспособности минеральных моторных масел / В. А. Балясников, Б. И. Ковальский, В. И. Афанасов, Н. С. Батов, Е. А. Ермилов // Мир нефтепродуктов. – 2017. №3. С. 20 – 23.

Публикации в изданиях РИНЦ

8. Балясников, В. А. Сравнение температурных пределов работоспособности моторных масел с одинаковыми классами эксплуатационных свойств / В. А. Балясников, Е. А. Ермилов, В. З. Олейник // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения, Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». – 2017. С. 100 – 107.

Материалы конференций

9. XXIV Научно практическая конференция в Самаре: «Тенденции развития науки и образования» (Самара 31. 03. 17).

10. IV международная научно – практическая конференция: «Наука и инновации в XXI веке» (Пенза 05.06.17).

Патент

11. Пат. № 2627562, МПК G01N 25/02, G01N 25/12, G01N 33/30. Способ определения термоокислительной стойкости смазочных материалов / Б. И. Ковальский, А. Н. Сокольников, Е. А. Ермилов, В. А. Балясников, Н. С. Батов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ «Сибирский федеральный университет». - № 2016127325; заявл. 06.07.2016; опубл. 08.08.2017, Бюл. № 22.