



Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
ООП Управление комплексной техносферной безопасностью
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел
УДК 665.76.035:536.495

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко О.Б.	д.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Антоневич О.А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языках (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, структурировать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области техносферной безопасности, решать сложные и проблемные вопросы
ОПК(У)-2	Способен анализировать и применять знания и опыт в сфере техносферной безопасности для решения задач в профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен представлять итоги профессиональной деятельности в области техносферной безопасности в виде отчетов, рефератов, статей, заявок на выдачу патентов, оформленных в соответствии с предъявляемыми требованиями
ОПК(У)-4	Способен проводить обучение по вопросам безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать нормативно-правовую документацию сферы профессиональной деятельности в соответствующих областях безопасности, проводить экспертизу проектов нормативных правовых актов
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен ориентироваться в полном спектре научных проблем профессиональной области;
ПК(У)-2	Способен создавать модели новых систем защиты человека и среды обитания;
ПК(У)-3	Способен анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач;
ПК(У)-4	Способен идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие модели, интерпретировать математические модели в нематематическое содержание, определять допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность, делать качественные выводы из количественных данных, осуществлять машинное моделирование изучаемых процессов;
ПК(У)-5	Способен использовать современную измерительную технику, современные методы измерения;
ПК(У)-6	Способен применять методы анализа и оценки надежности и техногенного риска;
ПК(У)-7	Способен организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельностью предприятия в режиме чрезвычайной ситуации;
ПК(У)-8	Способен осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях;
ПК(У)-9	Способен участвовать в разработке нормативно-правовых актов по вопросам техносферной безопасности;
ПК(У)-10	Способен к рациональному решению вопросов безопасного размещения и применения технических средств в регионах;
ПК(У)-11	Способен применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.
ДПК(У)-1	Способен осуществлять технико-экономические расчеты мероприятий по повышению безопасности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность

Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ А.Н.Вторушина

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1ЕМ11	Соловьеву Никите Николаевичу

Тема работы:

Влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел	
Утверждена приказом (дата, номер)	Приказ № 358-12/с от 24.12.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	Объект исследования – минеральное моторное масло. Литературные данные, статьи, методические указания по определению температуры вспышки, термического анализа минерального моторного масла.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i>	1) Провести аналитический обзор литературы по видам, свойству и влиянию присадок моторных масел; 2) Исследовать влияние нанодисперсных металлов на процесс термоокислительной деструкции и температуру вспышки моторного масла; 3) Проанализировать полученные результаты; 4) Разработать разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», раздел на английском языке.

Перечень графического материала	Таблицы, рисунки исследуемых образцов, графики полученных значений термического анализа.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Маланина Вероника Анатольевна, доцент ОСГН, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Антоневич Ольга Алексеевна, доцент ООД, к.б.н.
«Иностранный язык»	Устюжанина Анна Константиновна, доцент ОИЯ, к.филолог.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1) Литературный обзор	
2) Экспериментальная часть	
3) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
4) Социальная ответственность	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.10.2021

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко О.Б.	д.т.н		05.10.2021

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		05.10.2021

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2021/2022 – 2022/2023 учебные года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич

Тема работы: Влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.03.2023	Разработка раздела «Введение»	10
02.04.2023	Разработка раздела «Литературный обзор»	10
16.04.2023	Разработка раздела «Экспериментальная часть»	20
01.05.2023	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Иностранный язык»	10
01.06.2023	Оформление ВКР	10
08.06.2023	Представление ВКР	40

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко О.Б.	д.т.н		05.10.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 111 страниц, 20 рисунков, 34 таблицы, 40 источников, 1 прил.

Ключевые слова: минеральное моторное масло, термическая стойкость, деструкция, температура вспышки, горючесть, нано- и микродисперсные металлы, термический анализ.

Объектом исследования является минеральное моторное масло. Цель работы – исследовать влияние нано- и микродисперсных металлов на термостойкость минерального моторного масла путем добавления их в суспензию в качестве присадок. В процессе исследования проводились: анализ литературных и научных статей, содержащих информацию о видах, свойствах и присадках в маслах и их пожароопасность, а также экспериментальные исследования влияния выбранных наполнителей на характеристики горючести минерального моторного масла. В результате исследования получены значения температуры вспышки и термических свойств подготовленных образцов.

Степень внедрения: полученные в работе результаты будут использованы для разработки более термически-устойчивых минеральных моторных масел с пониженной горючестью.

Область применения: исследования в сфере пожаробезопасности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	11
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1 Индустриальные масла, их виды и назначение.....	12
1.1.1 Основные свойства индустриальных масел	13
1.2 Минеральные моторные масла, их виды и назначение	15
1.3 Термостойкость как показатель горючести масел.....	17
1.3.1 Методы контроля термостойкости масел	18
1.4 Термический анализ.....	20
1.4.1 Дифференциально-сканирующая калориметрия	20
1.4.2 Дифференциальный термический анализ.....	22
1.4.3 Термогравиметрия	23
1.5 Присадки к смазочным маслам.....	24
1.6 Нанопорошки металлов и их свойства.....	26
1.6.1 Обзор исследований по использованию нанопорошков металлов для улучшения свойств масел.....	27
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	29
2.1 Материалы	29
2.2 Термический анализ.....	31
2.3 Определение температуры вспышки	33
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
3.1 Результаты определения температуры вспышки индустриального масла И20А.....	35
3.2 Результаты термического анализа порошков металлов	36
3.3 Результаты термического анализа суспензий	40
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,	45
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
4.1 Предпроектный анализ	46
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	46
4.1.3 SWOT-анализ.....	48
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	51
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно- технического исследования	52
4.2 Инициация проекта	53
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	55
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	55
4.3.2 План проекта.....	56
4.3.3 Бюджет научного исследования	59
4.3.4 Расчёт материальных затрат научного исследования.....	59

4.3.5 Основная заработная плата научно-производственного персонала	60
4.3.6 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.....	63
4.3.7 Отчисления на социальные нужды (во внебюджетные фонды).....	63
4.3.8 Накладные расходы	64
4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	64
4.4 Организационная структура проекта	65
4.5 План управления коммуникациями проекта	65
4.6 Реестр рисков проекта	66
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования	67
4.7.2 Чистая текущая стоимость (NPV).....	67
4.7.3 Дисконтированный срок окупаемости	70
4.7.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)	70
4.7.5 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI).....	72
4.8 Социальная эффективность проекта	73
4.8.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	73
Вывод по разделу:	77
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	80
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности Правовые нормы трудового законодательства.....	81
5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	82
5.3 Производственная безопасность	82
5.4 Экологическая безопасность.....	91
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	93
Выводы по разделу	95
Заключение	96
Список публикаций.....	98
Список использованных источников	99
Приложение II	103

Введение

В настоящее время моторные масла широко используются для снижения трения между движущимися деталями двигателей внутреннего сгорания, обеспечивая их надежную и эффективную работу. Однако, при высоких температурах в моторных маслах происходят процессы окисления и деградации, что приводит к снижению их рабочих свойств и срока службы. Вследствие этого к современным маслам предъявляются такие требования как способность длительно выдерживать высокие механические и термические нагрузки, обеспечивать снижение энергопотребления и защиту от износа, коррозии и образования отложений, нарушающих нормальную работу смазываемого оборудования.

На данный момент известны многие научные работы по улучшению эксплуатационных свойств масел. Они направлены на исследование качества моторного масла с целью уменьшения износа деталей машин.

Для улучшения рабочих свойств минеральных моторных масел широко используются различные добавки, в том числе порошки металлов. Добавки порошков металлов, способствуют снижению износа двигателя и улучшению свойств, но вопрос влияния порошков металлов на термическую стойкость минеральных масел остается недостаточно изученным, вследствие этого исследования в этой области становятся все более актуальными.

Объектом исследования является минеральное моторное масло.

Предмет исследования – Термостойкость минеральных моторных масел.

Цель работы – исследовать влияние нано- и микродисперсных металлов на термостойкость минерального моторного масла путем добавления их в суспензию в качестве присадок.

Задачи:

- 1) Выполнить литературный обзор по видам смазочных материалов, их свойствам и влиянию присадок.
- 2) Подготовить образцы суспензий минерального масла с добавлением нано- и микродисперсных металлов.

3) Оценить влияние нанодисперсных металлов на температуру вспышки минерального масла.

4) С помощью термического анализа оценить влияние нано- и микродисперсных металлов на параметры термоокислительной деструкции минерального масла при нагревании.

5) Изучить свойства исходных порошков металлов в минеральном масле при нагревании с помощью метода термического анализа.

Гипотеза исследования – нано и микродисперсные металлы, при использовании их в качестве присадок к минеральным моторным маслам могут повышать термостойкость масел.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Деструкция: Разрушение (фрагментация) макромолекул при воздействии одного или нескольких из факторов окружающей среды.

Трибология: Наука, занимающаяся исследованием и описанием контактного взаимодействия твёрдых деформируемых тел при их относительном перемещении.

Список используемых сокращений:

ГЖ – горючая жидкость

НП – нанопорошки

Т_{всп} – температура вспышки

ЧС – чрезвычайная ситуация

РФА – рентгенофазовый анализ

ТА – термический анализ

ТГ – термогравиметрический анализ

ДСК – дифференциально-сканирующая калориметрия

НТИ – научно-техническое исследование

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Индустриальные масла, их виды и назначение

Индустриальные масла – это разновидность смазочных материалов, которые используются для смазывания и защиты механизмов и оборудования в различных областях промышленности. Они имеют различные свойства и характеристики, которые определяются их составом, технологией производства и предназначением [1].

Индустриальные масла могут быть разделены на несколько видов в зависимости от их состава и назначения:

1) Моторные масла – это масла, которые используются для смазывания двигателей внутреннего сгорания, таких как автомобильные двигатели. Они имеют свойства, обеспечивающие защиту от износа и коррозии, а также повышенную термостойкость.

2) Гидравлические масла – это масла, которые используются в гидравлических системах для передачи энергии и управления движением. Они имеют высокую степень очистки и смазывающие свойства, а также способность к защите от коррозии.

3) Трансмиссионные масла – это масла, которые используются для смазывания и охлаждения передач и дифференциалов. Они имеют высокую вязкость и способность к защите от износа и коррозии, а также повышенную термостойкость.

4) Турбинные масла – это масла, которые используются для смазки турбин и гидротрансформаторов. Они имеют высокую термостойкость и способность к защите от коррозии и окисления.

5) Трансформаторные масла – это масла, которые используются для смазки и охлаждения трансформаторов. Они имеют низкую вязкость и высокую термостойкость, а также способность к защите от коррозии и окисления.

1.1.1 Основные свойства промышленных масел

Промышленные масла – это важный компонент в промышленности, обеспечивающий защиту и смазку механизмов и оборудования. Они имеют различные свойства и характеристики, которые определяются их составом, технологией производства и назначением.

Промышленные масла имеют ряд свойств, которые определяют их качество и эффективность.

Некоторые из наиболее важных свойств включают:

Вязкость – это свойство масла, которое определяет его способность к смазыванию и обеспечивает защиту от износа. Высокая вязкость обеспечивает лучшую защиту, но может привести к повышенному расходу топлива и снижению эффективности работы механизмов.

Термостойкость – это свойство масла, которое определяет его способность сохранять свои свойства при высоких температурах. Высокая термостойкость обеспечивает защиту от окисления и повышенной температуры.

Степень очистки – это свойство масла, которое определяет его способность удалять загрязнения и микрочастицы из механизмов и оборудования. Высокая степень очистки обеспечивает более эффективную работу механизмов и уменьшает риск их повреждения.

Способность к защите от коррозии – это свойство масла, которое определяет его способность защищать металлические поверхности от коррозии. Это важно для продления срока эксплуатации оборудования и предотвращения повреждения механизмов.

Правильно выбрать масло для конкретных условий эксплуатации помогает маркировка по ГОСТ 17479.4-87 «Масла промышленные. Классификация и обозначения» [2]. Она состоит из разделенных дефисом знаков, первым из которых для всех марок является буква «И».

Далее следуют:

– прописная буква Л, Г, Н или Т – указывает на группу по назначению;

– прописная буква А, В, С, Д или Е – определяет наличие в составе масла функциональных присадок (Таблица 1);

– цифры, обозначающие класс кинематической вязкости;

Таблица 1 – Обозначение промышленных масел по составу

Подгруппа масла	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Нефтяные масла без присадок	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Нефтяные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, содержащие антифрикционные сплавы цветных металлов, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Д	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Нефтяные масла с антиокислительными, адгезионными, противоизносными, противозадирными и противоскачковыми присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел

В нашем исследовании выбрано минеральное моторное масло И-20А, которое относится к группе «Нефтяные масла без присадок», для того чтобы более наглядно оценить влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел.

1.2 Минеральные моторные масла, их виды и назначение

Минеральные моторные масла – это масла, производимые из нефти путем ряда процессов очистки и рафинирования. Они являются одними из самых распространенных моторных масел и имеют ряд характеристик, которые делают их подходящими для использования в различных типах двигателей.

Основные виды минеральных моторных масел и их назначение [3]:

Моносортные масла – это масла, которые имеют одинаковый уровень вязкости при любой температуре. Они подходят для использования в двигателях с низкой и средней мощностью, таких как легковые автомобили, грузовики и автобусы.

Мультиградные масла – это масла, которые имеют различный уровень вязкости при разных температурах. Они могут быть использованы в широком диапазоне температур и подходят для использования в различных типах двигателей. Они могут быть классифицированы на основе их вязкости при низкой и высокой температуре.

Масла для бензиновых двигателей – это масла, которые применяются в бензиновых двигателях и увеличивают эффективность работы двигателя.

Масла для дизельных двигателей – это масла, которые используются в дизельных двигателях. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях высокого давления и температуры.

Масла для турбированных двигателей – это масла, которые используются в двигателях с турбонаддувом. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях повышенных температур и давления.

Масла для высокомилажных двигателей – это масла, которые используются в двигателях с высоким пробегом. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях повышенного износа.

Масла для грузовых автомобилей – это масла, которые используются в грузовых автомобилях. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях высокой нагрузки и давления.

Масла для сельскохозяйственной техники – это масла, которые используются в сельскохозяйственной технике. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях повышенной пыли и грязи.

Масла для морских двигателей – это масла, которые используются в морских двигателях. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях высокой солености и окружающей среды.

Масла для стационарных двигателей – это масла, которые используются в стационарных двигателях, таких как генераторы и насосы. Они обеспечивают надежную защиту двигателя от износа и образования отложений в условиях высоких температур и давления.

1.3 Термостойкость как показатель горючести масел

Термостойкость масел является одним из важных показателей, которые используются для оценки их способности к горению. Термостойкость масел определяется температурой, при которой масло начинает разлагаться и выделять газы, которые могут стать источником возгорания.

Термостойкость масел – это показатель, который характеризует способность масла сохранять свои свойства при высоких температурах [4]. Она определяется путем нагрева масла до определенной температуры и измерения изменений его физико-химических свойств. Термостойкость масел может быть измерена с помощью различных методов, таких как термогравиметрия, дифференциальная сканирующая калориметрия и другие.

Термостойкость масел имеет прямое отношение к их горючести. Чем выше температура разложения масла, тем больше вероятность его возгорания. При нагреве масла до высоких температур происходит разложение его молекул, что приводит к выделению газов, которые могут воспламениться при наличии источника искры или тепла. Поэтому при выборе моторного масла для определенного типа двигателя необходимо учитывать его термостойкость.

Важно отметить, что термостойкость масла зависит от его состава и производителя, поэтому при выборе моторного масла необходимо учитывать требования производителя двигателя и условия эксплуатации. Некоторые производители моторных масел предлагают специальные масла с повышенной термостойкостью для использования в условиях высоких температур.

Для улучшения термической стабильности минеральных моторных масел могут использоваться специальные присадки [5], такие как антиокислители, которые защищают масло от окислительных процессов при высоких температурах. Кроме того, моторные масла с высокой термической стабильностью могут быть разработаны путем изменения технологии производства или добавления специальных добавок.

Таким образом, термостойкость масел является важным показателем, который используется для оценки их способности к горению.

1.3.1 Методы контроля термостойкости масел

Термостойкость масел является одним из важных показателей их качества. Она характеризует способность масла сохранять свои свойства при высоких температурах и предотвращать разрушение металлических деталей двигателя. Многие факторы влияют на термоокислительную стабильность масел, но в первую очередь она зависит от температуры: чем выше температура, тем меньше термоокислительная стабильность масла. Контроль термической стабильности масел напрямую влияет на работу двигателя и продолжительность его эксплуатации.

Методы контроля термостойкости масел [6]:

– Определение термоокислительной стабильности масел по ГОСТ 23175-78 [7]. Его суть заключается в нагреве металлической поверхности с тонким слоем масла, что приводит к испарению легколетучих веществ, которые образуются при разложении масла. Остаток масла разделяется на рабочую фракцию и лак, после чего определяется его термоокислительная стабильность. Время, в течение которого масло при 250°C превращается в остаток, состоящий из 50% рабочей фракции и 50% лака, выражает термоокислительную стабильность масла. Таким образом, данный метод позволяет определить, как длительное время масло сохраняет свои свойства и стабильность в условиях высокой температуры.

– В ГОСТ 11063-2020 описан метод определения стабильности масла на основе измерения индукционного периода осадкообразования [8]. В соответствии с этим методом, проводят окисление масла в приборе ДК-НАМИ с присадками при температуре 200 °С. Далее измеряют количество осадка в окисленном масле и относительное изменение его вязкости. Масло считается выдержавшим испытание, если массовая доля осадка в окисленном масле в течение индукционного периода осадкообразования не превышает 0,5%. Этот метод является эффективным инструментом определения степени стабильности масла и отслеживания его

изменений в течение процесса окисления. Применение такого метода позволяет улучшить качество продукта и предотвратить потери эффективности масла в применении.

– Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) – этот метод используется для измерения изменения теплоты, поглощаемой или выделяемой при изменении температуры. Измерения проводятся на специальном приборе - дифференциальном сканирующем калориметре. Данный метод может быть использован для оценки термостойкости масел и определения температуры разложения масла.

– Термогравиметрия (ТГ) – этот метод используется для измерения изменений массы материала при изменении температуры. Измерения проводятся на специальном приборе – термогравиметрическом анализаторе. Данный метод может быть использован для определения содержания примесей и оценки термостойкости масел.

– Термомеханический анализ (ТМА) – этот метод используется для измерения изменений длины, объема и других механических свойств материала при изменении температуры. Измерения проводятся на специальном приборе – термомеханическом анализаторе.

– Измерение вязкости при повышенной температуре – данный метод заключается в измерении вязкости масла при повышенной температуре. Этот показатель используется для оценки термостойкости масла и его способности поддерживать работоспособность при высоких температурах.

– Тест на окисление – данный метод заключается в оценке степени окисления масла при высоких температурах. Дает возможность оценить термостойкость масел и их способность сохранять свои свойства при высоких температурах.

1.4 Термический анализ

Термический анализ используется для определения термических свойств материалов, включая моторные масла. Термический анализ может быть использован для оценки термостойкости масел, которая является важным показателем их способности к горению.

Термический анализ – это метод, который позволяет измерить изменения физических и химических свойств материала при изменении температуры [9]. Он включает в себя несколько методов (рисунок 1):

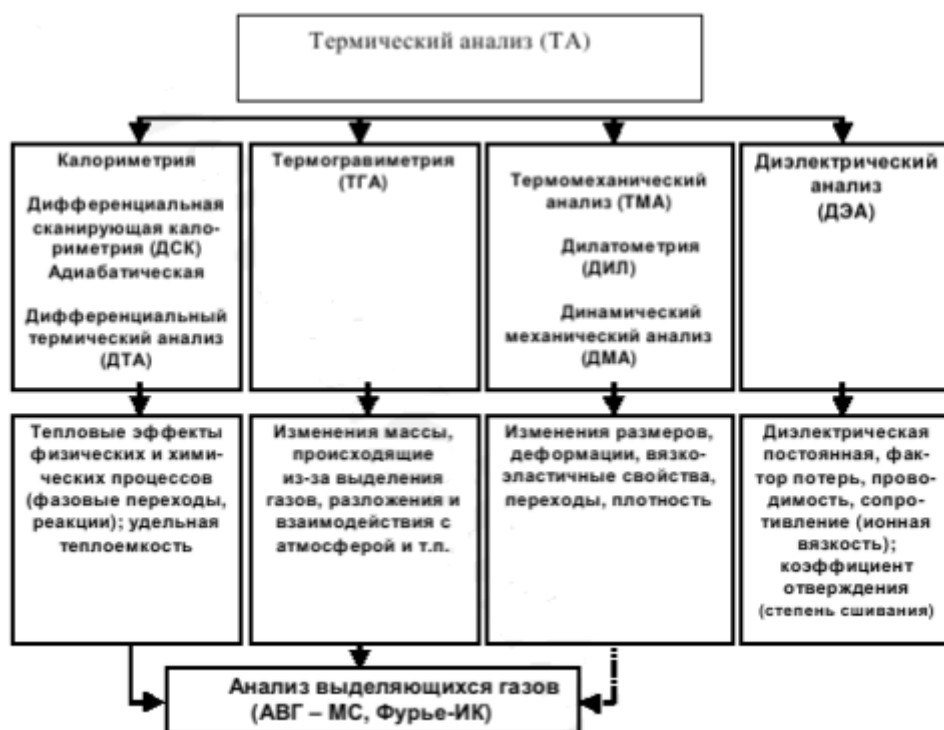


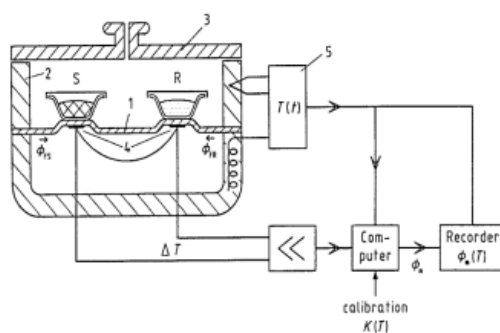
Рисунок 1 – Основные методы ТА [10]

1.4.1 Дифференциально-сканирующая калориметрия

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) – это метод анализа, который используется для исследования физико-химических свойств материалов при изменении температуры. Он позволяет измерять тепловые эффекты, происходящие в образце при изменении температуры.

ДСК-анализ моторных масел позволяет определить температуру разложения масла, коэффициент теплового расширения, температуру изменения фазы и другие характеристики. Он является одним из наиболее распространенных методов для изучения термической стабильности масел.

Для проведения ДСК анализа моторных масел обычно используется дифференциальный сканирующий калориметр, который состоит из двух камер: образца и эталона. Образец и эталон нагреваются или охлаждаются с одинаковой скоростью, и их температуры сравниваются. Разница в тепловой энергии между образцом и эталоном позволяет измерить теплоемкость образца. Принципиальная схема системы ДСК изображена на рисунке 2.



1 – диск, 2 – печь, 3 – крышка, 4 - дифференциальные термопары, 5- программмер и контроллер, S – тигель с образцом, R – тигель сравнения (пустой или с веществом сравнения), Φ_{is} – скорость теплового потока от печки к тиглю с образцом, Φ_{ir} – скорость теплового потока от печки к тиглю сравнения, Φ_m – измеренная скорость теплового потока, K – калибровочный коэффициент

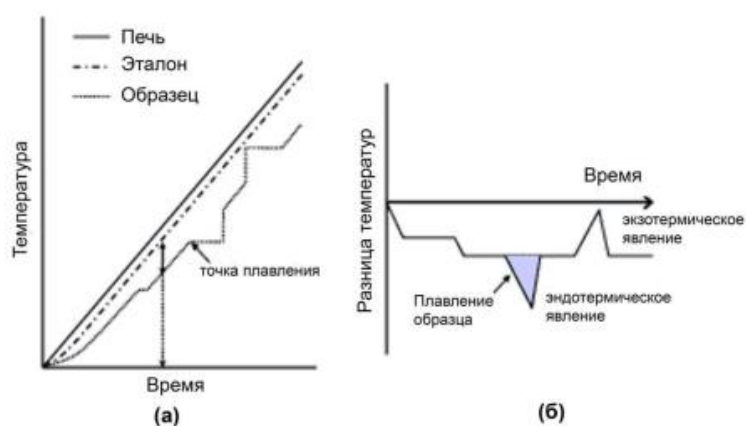
Рисунок 2 – Принципиальная схема системы ДСК с тепловым потоком

Образец и эталон нагреваются с одинаковой скоростью, и измеряется разность температур [11].

ДСК-анализ моторных масел может использоваться для определения оптимальных условий эксплуатации масел и выбора наиболее подходящих масел для конкретных условий эксплуатации. Например, он может использоваться для определения температурного диапазона, в котором масло будет работать наилучшим образом, а также для определения эффективности добавок в моторном масле.

1.4.2 Дифференциальный термический анализ

Дифференциальный термический анализ (ДТА) - это метод термического анализа, который используется для изучения изменения температуры и тепловых свойств материалов при изменении температуры или времени. Он основан на измерении разности температур между образцом и опорным образцом при изменении температуры или времени (рисунок 3).



а – показывает изменение температуры печи, эталона и образца во времени;

б – показывает изменение разницы температур (ΔT) в зависимости от времени, зарегистрированное дифференциальной термопарой

Рисунок 3 – Принципы измерения ДТА

Для проведения ДТА-анализа используется дифференциальный термометр, который измеряет разность температур между образцом и опорным образцом при изменении температуры или времени. Образец нагревается с постоянной скоростью. Разница температур отображается как функция температуры или времени и называется кривыми ДТА или термограммой. Таким образом, любое изменение состояния можно обнаружить путем измерения разницы температур. Площадь под пиками ДТА показывает изменение энтальпии образца.

1.4.3 Термогравиметрия

Термогравиметрия (ТГ) – это метод термического анализа, который используется для изучения термических свойств материалов при изменении температуры. Он основан на измерении изменения массы образца при изменении температуры.

Для проведения ТГ анализа используется термогравиметрический анализатор, который состоит из печи, электронного весового устройства и системы сбора данных. Образец нагревается с постоянной скоростью, и его масса измеряется при каждой температуре. Изменение массы образца может быть использовано для определения термостойкости материала. Принцип проведения ТГ анализа представлен (рисунок 4).

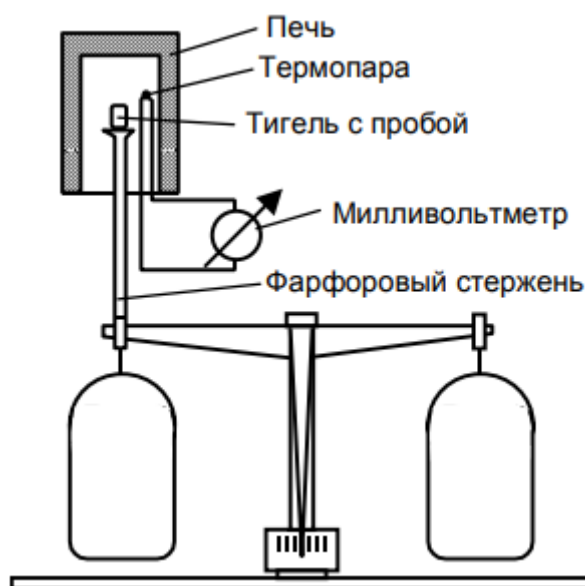


Рисунок 4 – Принцип проведения термогравиметрического анализа

Существует два способа проведения термогравиметрического эксперимента:

- 1) изотермический ($T_{\text{печи}} = \text{const}$);
- 2) динамический (изменение $T_{\text{печи}}$ при постоянной скорости нагрева во времени).

1.5 Присадки к смазочным маслам

Современные моторные масла должны соответствовать жестким требованиям, и для этого в базовые масла добавляют присадки в количестве от 10 до 25%, которые улучшают их свойства. Однако, многие существующие смазочные материалы достигли предела своих характеристик, что ставит перед наукой задачу разработки новых составов, способных обеспечить энергоэффективность в различных условиях эксплуатации.

В настоящее время наблюдается резкое развитие нанотехнологий, которые находят применение во многих научных областях, включая трибологию - науку, изучающую взаимодействия трения, изнашивания и смазки. Широко распространены системы смазки на основе наноматериалов, однако несмотря на большое количество исследований, проводимых в данном направлении, многие трибологические свойства наночастиц являются темой активных дискуссий и требуют дополнительных исследований.

На рисунке 5 показан график разработки присадок к смазочным материалам [12].

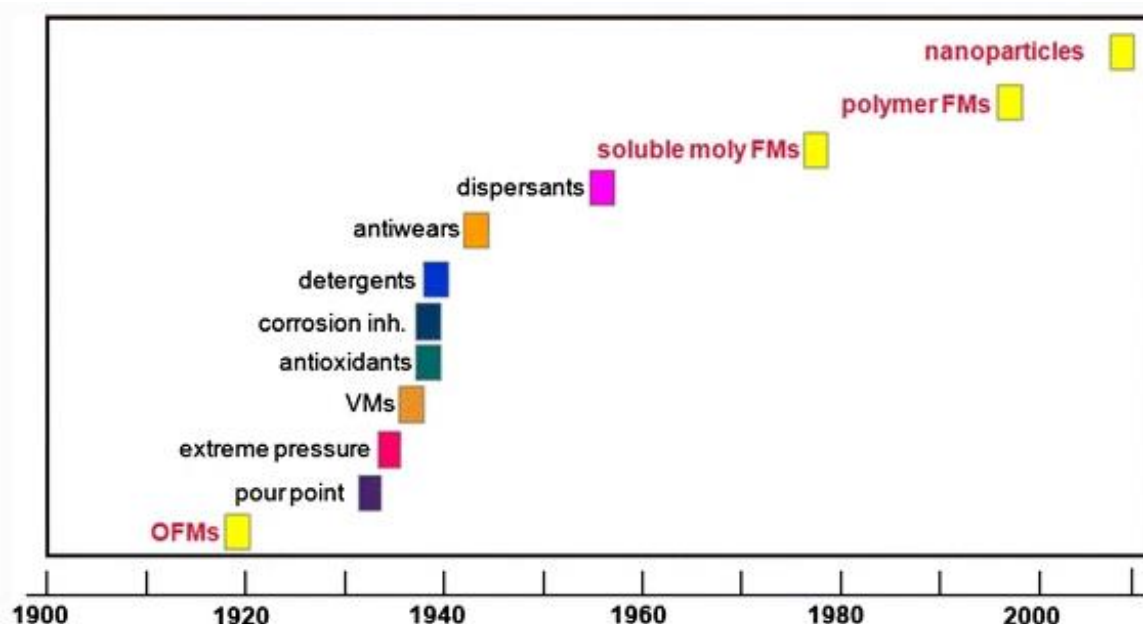


Рисунок 5 – График разработки присадок к смазочным материалам

В настоящее время, в сфере разработки и изготовления смазочных материалов, значительную роль играют различные виды присадок. Как показано на рисунке 5, эти присадки могут быть представлены в самых разнообразных формах. Однако, особую актуальность сегодня приобретают наночастицы. Это твердые порошкообразные вещества, которые получены искусственным путем, и содержат в себе наномасштабные объекты, представляющие собой агрегаты или агломераты нанообъектов, либо их смесь. Использование такого вида присадок позволяет повысить эффективность смазочных материалов за счет улучшения их физических и химических свойств. При этом, следует отметить, что применение наночастиц требует тщательной оценки их токсичности и прочих характеристик, поскольку они могут способствовать загрязнению окружающей среды и воздействовать на здоровье человека.

Из всего вышесказанного можно еще раз подчеркнуть актуальность исследования наночастиц в смазочных материалах, которые могут быть полезны для улучшения технических характеристик, а также уменьшения их пожароопасности.

1.6 Нанопорошки металлов и их свойства

Нанопорошки металлов – это частицы металлов размером от 1 до 100 нм. Они обладают рядом уникальных свойств, которые отличают их от более крупных частиц и делают их интересными для использования в различных промышленных и научных областях.

Одним из основных свойств нанопорошков металлов является их высокая поверхностная активность. Благодаря малому размеру частиц, поверхность нанопорошков металлов значительно больше, чем у макроскопических образцов того же материала. Это позволяет исследовать взаимодействие нанопорошков металлов с различными веществами и поверхностями.

Еще одним важным свойством нанопорошков металлов является их высокая каталитическая активность. Нанопорошки металлов, такие как платина, золото, никель, палладий и др., могут быть использованы в качестве катализаторов в различных процессах, таких как гидрогенирование, окисление, полимеризация и др. Это может быть полезным для исследования катализаторов и процессов, связанных с катализом.

Нанопорошки металлов также обладают высокой теплопроводностью и электропроводностью. Это позволяет использовать их для исследования термических и электрических свойств материалов. Например, нанопорошки металлов могут быть использованы для создания термоэлектрических материалов, которые могут преобразовывать тепловую энергию в электрическую энергию.

Нанопорошки металлов также обладают высокой механической деформируемостью и пластичностью. Это позволяет использовать их для исследования механических свойств материалов и процессов, связанных с деформацией.

В целом, свойства нанопорошков металлов делают их полезными для исследований в различных областях науки и технологии. Они могут быть использованы для изучения взаимодействия материалов, свойств катализаторов, термических и электрических свойств материалов и механических свойств

материалов. Это может иметь важное значение для разработки новых материалов и технологий в различных областях науки и технологии.

Однако, важно отметить, что нанопорошки металлов также могут иметь высокую реактивность и токсичность, поэтому необходимо соблюдать соответствующие меры предосторожности при их использовании.

1.6.1 Обзор исследований по использованию нанопорошков металлов для улучшения свойств масел

Добавление нанопорошков металлов в масла для улучшения их свойств является активной областью научных исследований. В масла добавляют различные типы нанопорошков металлов, чтобы оценить их пользу или вред для использования их в качестве присадок.

Медь и ее производные являются наиболее распространенными металлами, добавляемыми в смазочные материалы. Добавление небольшого количества комплексообразующего агента к смазочным материалам значительно улучшает их смазочные свойства при трении медного сплава по стали. Введение готового комплекса меди при трении стальных поверхностей приводит к образованию серовитной пленки и, соответственно, улучшению смазывающих свойств. Например, при добавлении 0.005% наночастиц оксида меди в масло SAE 10W-30 при испытании на экспериментальной установке с алюминиевым поршнем было замечено значительное снижение коэффициента трения [13].

В современном мире одной из наиболее перспективных областей является производство алюминий содержащих смазок. Этому способствуют несколько факторов. Во-первых, сырье для их производства имеет относительно низкую стоимость, что делает такую продукцию привлекательной с экономической точки зрения. Во-вторых, алюминий содержащие смазки гораздо более экологически безопасны, чем некоторые другие виды смазочных материалов. Это связано с тем, что в процессе их использования не выделяются вредные для окружающей среды

вещества. Кроме того, такие смазки отличаются высокой эффективностью и применяются во многих отраслях промышленности.

В ходе исследования, описываемого в работе [14], применен метод акустической эмиссии в ультразвуковом диапазоне частот (20-300 кГц) для измерения интегральных показателей трения в парах металл-металл. Произведен сопоставительный анализ источников трения с использованием индустриального масла, обогащенного нанопорошками на основе алюминия. Оценено влияние добавки присадки на изменение участка сухого трения на кривых зависимостей показателя трения от давления в зоне контакта. В статье также представлены физические модели, объясняющие механизмы действия присадок на антифрикционные свойства масла.

Соединения цинка являются наиболее интересными объектами для исследований в области трибологии смазочных материалов. В определенной работе [15] были исследованы свойства фосфоровольфрамата цинка, который был использован в качестве антифрикционной и противоизносной присадки, добавленной в вазелин и глицерин – это дисперсионные среды, используемые для создания смазочных материалов. По результатам экспериментов исследователи пришли к выводу о том, что добавление данной присадки в такие дисперсионные среды характеризуется значительным улучшением трибологических свойств смазочных материалов, не приводя к понижению их эксплуатационных параметров. Описанные данные позволяют сделать вывод о перспективности применения описанных соединений в создании современных смазочных материалов.

Таким образом, порошки металлов активно используются в исследованиях для улучшения рабочих свойств масел, кроме того необходимо проводить дополнительные исследования в данной области, для изучения оптимальных концентраций и типа порошков металлов в маслах, а также их влияние на другие параметры.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материалы

Для проведения исследования было выбрано согласно ГОСТ 17479.4-87 индустриальное масло И-20А (рисунок 6), которое в своем составе имеет незначительную долю присадок.



Рисунок 6 – Индустриальное масло И-20А [16]

Значения характеристик индустриального масла марки И-20А, требуемые для обеспечения поддержания наиболее эффективной работы представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики индустриального масла марки И-20А

Показатель	Единицы	Величина
Плотность при 20°C	кг/м ³	0,89
Вязкость при 40°C	мм ² /с	29,0-35,0
Температура вспышки в открытом тигле	°C	+200
Температурный интервал применения	°C	–15 до +35

Нанопорошки алюминия, железа были получены методом электрического взрыва проводников [17].

Рентгенофазный анализ в нанодисперсных металлах показал, что в железе и алюминии имеет место только фаза металла. Фазы оксидов не были зафиксированы, так как они рентгеноаморфны.

Сканирующая электронная микроскопия (рисунок 7, *а*), показала, что частицы алюминия имеют разные диаметры как ~50нм и вплоть до ~200 нм, но большинство имеет диаметр ~100 нм. Некоторые агломераты спечены, основная масса частиц близка к сферической форме.

Исследуемый нанопорошок железа характеризуется высокой дисперсностью с частицами сферической формы (рис. 7, *б*).

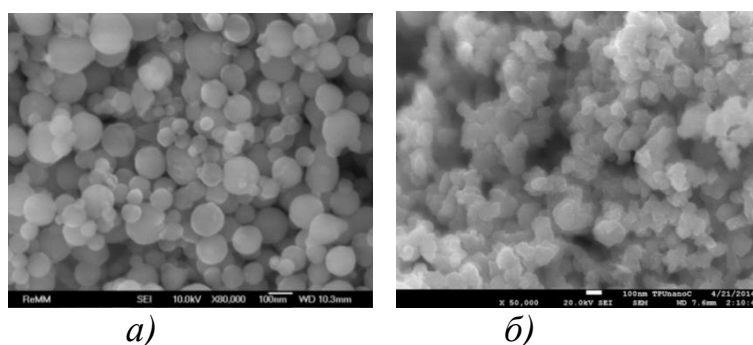


Рисунок 7 – Микрофотографии нанопорошков алюминия (*а*) и железа (*б*)

В исследовании также использовался микропорошок алюминия – это порошок с частицами размером от 1 до 10 мкм. Он является легким и прочным материалом, обладает высокой стойкостью к коррозии, благодаря пассивной оксидной пленке. Имеет высокую реакционную способность.

2.2 Термический анализ

Идентификация материалов и оценка их пожарной опасности осуществляется на основании метода термического анализа в соответствии с ГОСТ Р 53293-2009 [18].

Термический анализ - это метод исследования, который позволяет изучать термические свойства различных материалов. Термический анализ позволяет изучать термические переходы, связанные с изменениями состояния материалов при нагревании или охлаждении, а также определять их физические и химические свойства.

Термический анализ проводился на приборе STA 449C, который в своем виде представляет измерительный блок, термостат, системный контроллер, блок питания и компьютера.

Измерительный блок включает в себя: термовесы, печь, подъемное устройство, держатель образца, клапан выхода газа. Прибор изображен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Прибор комплексного термического анализа STA 449C

Печь в приборе герметична. Во время проведения эксперимента, выделяющиеся газы собираются без потерь и направляются на приставку, которая сблокирована с прибором, для масс-спектрометрического анализа.

Тестирование термической устойчивости образцов проводили в режиме линейного нагрева ($10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$) в атмосфере воздуха в интервале температур $20\ldots 600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.3 Определение температуры вспышки

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает [19].

Определение температуры вспышки принадлежит к важным этапам исследований, направленных на обеспечение пожарной безопасности и определению группы горючести веществ. Данный экспериментальный метод предполагает нагревание исследуемого образца до той температуры, при которой возможно вспыхивание пар, выделяющихся на поверхности вещества, без устойчивого горения. Эта температура фиксируется и рассматривается как температура вспышки. Благодаря корректному и точному измерению данной температуры можно принимать соответствующие меры для уменьшения риска возгорания и обеспечения безопасности.

Для проведения эксперимента было подготовлено 4 образца, из них 3 образца содержали нано- микродисперсные металлы железа и алюминия, с концентрацией металлов в моторном масле 1 масс.%.

Испытания проводили согласно методике ГОСТ 12.1.044-2018, на установке ПРОМХИМПРИБОР Аппарат ТВО-ПХП, изображенный на рисунке 9:



Рисунок 9 – Экспериментальная установка по определению температуры вспышки в открытом тигле

Аппарат предназначен для определения температуры вспышки нефтепродуктов, нагреваемых с установленной скоростью в открытом тигле, в момент вспышки паров нефтепродукта над его поверхностью.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты определения температуры вспышки индустриального масла И20А

Для экспериментального определения температуры вспышки в открытом тигле для определения показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов подготовлены образец индустриального масла и образцы индустриального масла с добавлением нанопорошков металлов (алюминия нанопорошка, железа и алюминия микропорошка), изображенные на рисунке 10.

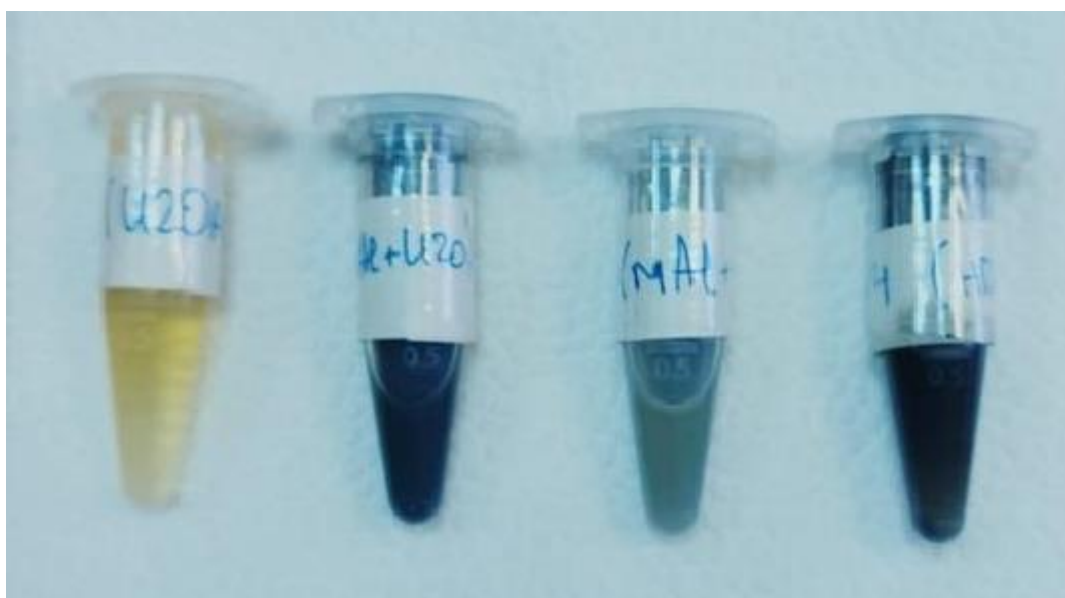


Рисунок 10 – Образцы минерального масла И20А

Для приготовления каждой суспензии брали 60 мл индустриального масла и смешивали с нанодисперсными порошками металлов – алюминия и железа, а также был образец с добавлением микропорошка алюминия, так что концентрация металлов в масле составляла 1 масс. %. Характерным отличием образцов являлся цвет суспензии, при добавлении нанодисперсных металлов в моторное масло цвет становится более темный. При добавлении микропорошка алюминия цвет суспензии стал серым.

Согласно методике по определению температуры вспышки в открытом тигле для ГЖ, нагрев производился со скоростью 14–17 °С/мин и за 56 °С до предполагаемой температуры вспышки нагрев уменьшался до предполагаемой

температуры вспышки и нагревание уменьшали настолько, чтобы скорость повышения температуры за последние 28 °С до температуры вспышки была равна 5–6 °С/мин. В таблице 3 представлены полученные значения температуры вспышки.

Таблица 3 – Экспериментальные значения $T_{всп}$ в открытом тигле

Образец	Температура вспышки, °С
М(И20А)	209-210
М(И20А)/Al(м)	208-209
М(И20А)/Al(нп)	204-205
М(И20А)/Fe(нп)	203-204

По результатам определения температуры вспышки мы видим что, при добавлении нанопорошков алюминия, железа и микропорошка алюминия, температура вспышки понизилась во всех случаях. Менее всего оказал влияние микропорошок алюминия, а более всего понизил температуру вспышки образец с добавлением нанопорошка железа.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что добавление нанопорошков алюминия и железа в индустриальное масло И20А приводит к понижению температуры вспышки. Добавление микропорошка алюминия незначительно влияет на температуру вспышки. Этот результат объясняется тем, что при уменьшении диаметра частиц порошков металлов повышается их реакционная способность. Кроме того, железо является катализатором и ускоряет процесс деструкции органических материалов.

Следовательно, результаты экспериментов по определению температуры вспышки индустриального масла, приводит к ускорению термодеструкции.

3.2 Результаты термического анализа порошков металлов

Термический анализ проводился для трех образцов: нанопорошки железа (nFe) и алюминия (nAl) и микропорошок алюминия (mAl). Диапазон исследования

температур составил 0–1000 °С. Согласно данным ДСК, окисление всех образцов представляет собой многостадийный процесс.

На рисунках 11–13 представлены термограммы исследуемых образцов порошков металлов, отражающие тепловые эффекты реакций (ДСК), происходящие при нагревании порошков.

При нагревании в воздухе образца нанопорошка алюминия (рисунок 11) происходит десорбция газообразных веществ, адсорбированных на поверхности частиц с уменьшением массы на 7,4 масс. %. Затем происходит резкое увеличение массы и выделение теплоты в результате окисления. Температура начала окисления для этого образца составила 545 °С, что ниже стандартной температуры плавления алюминия (660 °С). Окисление протекает в две стадии, это обусловлено тем, что сначала окисляется фракция более мелких частиц, а затем – более крупная. Удельный тепловой эффект окисления для первой стадии окисления нанопорошка алюминия составил 10788 Дж/г.

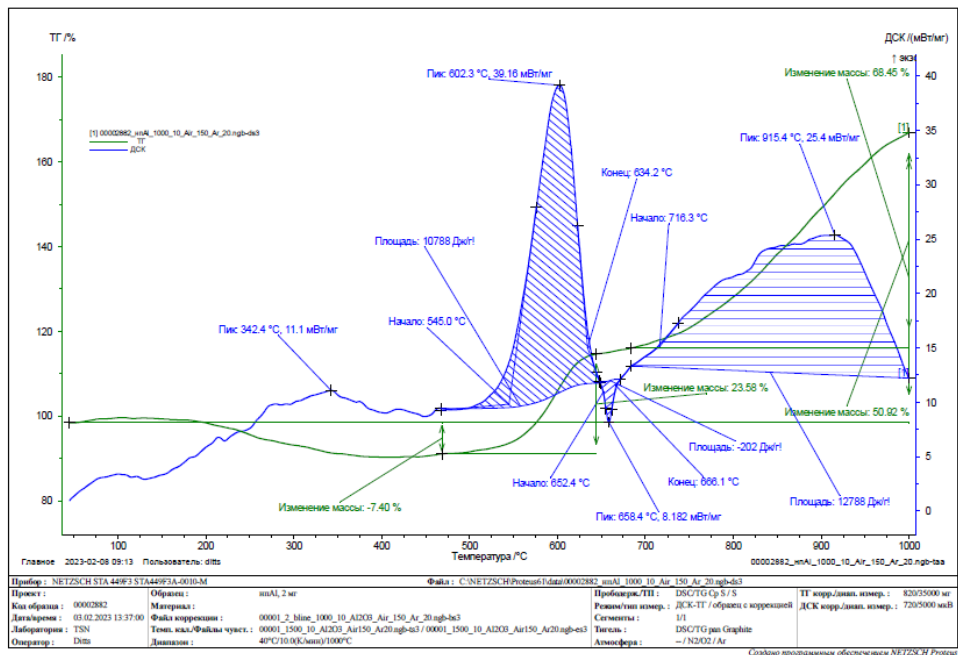


Рисунок 11 – Термограмма образца nAl

Первая стадия окисления микропорошка алюминия начинается с 562°С до 622 °С, затем после плавления продолжается окисление основной массы образца до температуры 1000 °С и выше (рисунок 12). Удельный тепловой эффект окисления для первой стадии окисления микропорошка алюминия составил 1671 Дж/г.

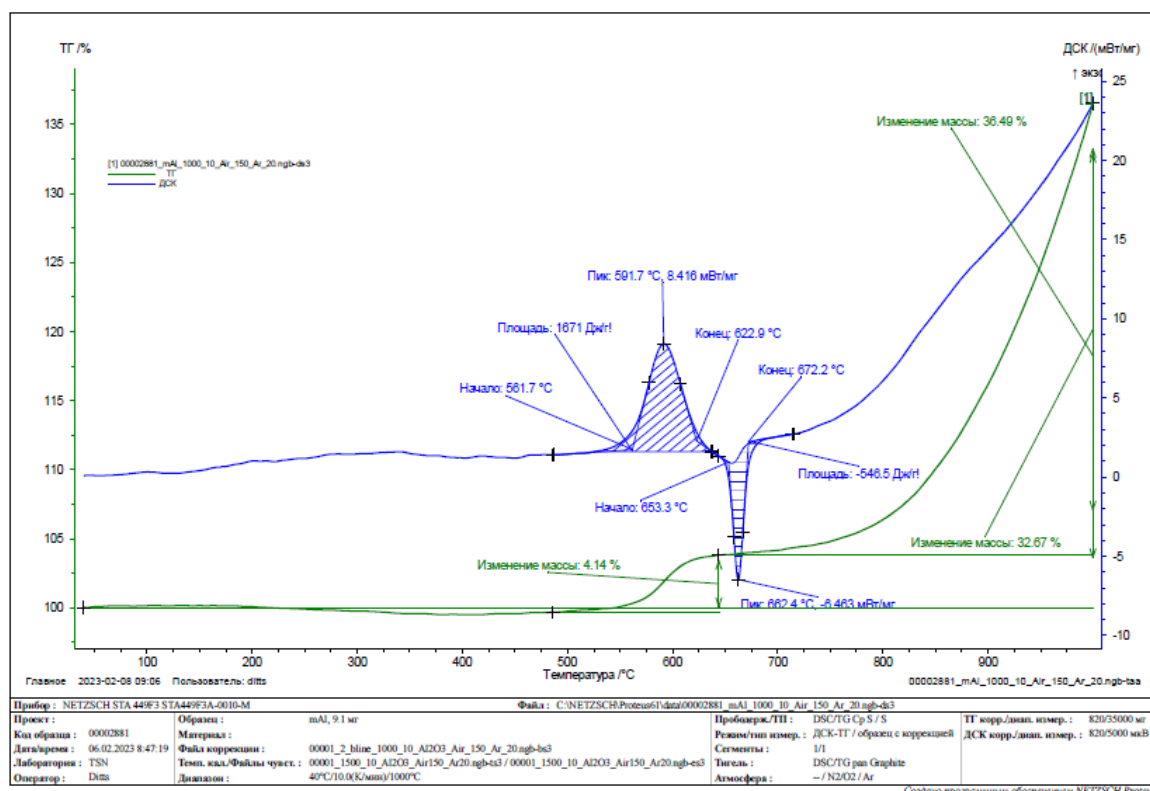


Рисунок 12 – Термограмма образца mAl

Окисление нанопорошка железа (рисунок 13) протекает в три стадии с максимумами при 388, 556 и 631 °C, что связано с полимодальным распределением частиц по диаметру. Температура начала окисления составила 170 °C. Удельный тепловой эффект окисления для нанопорошка железа составил 14969 Дж/г.

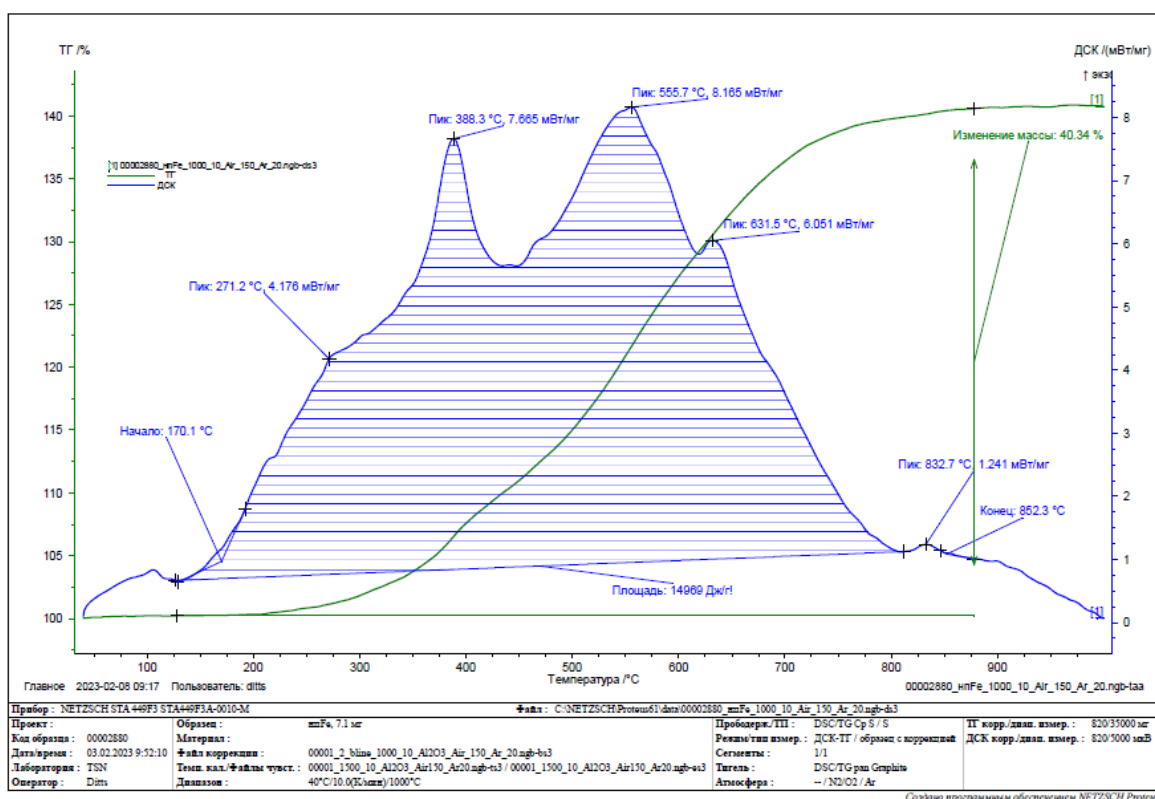


Рисунок 13 – Термограмма образца nFe

Температура начала окисления порошков металлов является важным фактором, влияющим на интенсивность процессов деструкции индустриального масла. Температура начала деструкции индустриального масла была определена как $T_5 = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Порошки алюминия окисляются с выделением энергии при нагреве до температуры более $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Выделяемая при такой температуре энергия уже не может оказывать действие на процесс деструкции масла. При температуре $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ процесс деструкции практически закончен. Нанопорошок железа начинает окисляться с выделением энергии при температуре $170 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и выделяемая при этом энергии ускоряет процесс разложения масла и образование горючих газообразных продуктов. Этим можно объяснить снижение температуры вспышки суспензии масло-нанопорошок железа на $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с исходным индустриальным маслом.

3.3 Результаты термического анализа суспензий

Термический анализ проводился для четырех образцов: это масло без добавления нанопорошков (образец М), масло с добавлением нанопорошка алюминия (М/пAl), микropорошка алюминия (М/мAl) и железа (М/Fe). Концентрация нанопорошков в масле составляла 1 масс. %.

Термический анализ проводили в атмосфере воздуха в интервале температур 20–600 °С с помощью термоанализатора STA 449 F1 Jupiter. Скорость нагрева составляла 10 °С/мин.

По полученным результатам была построена зависимость изменения массы образцов от температуры (рисунок 14). Согласно данной зависимости видно, что разложение всех образцов начинается приблизительно с 150 °С и заканчивается 500 °С. На характер зависимости изменения массы заметное влияние оказывает только добавление нанопорошка железа.

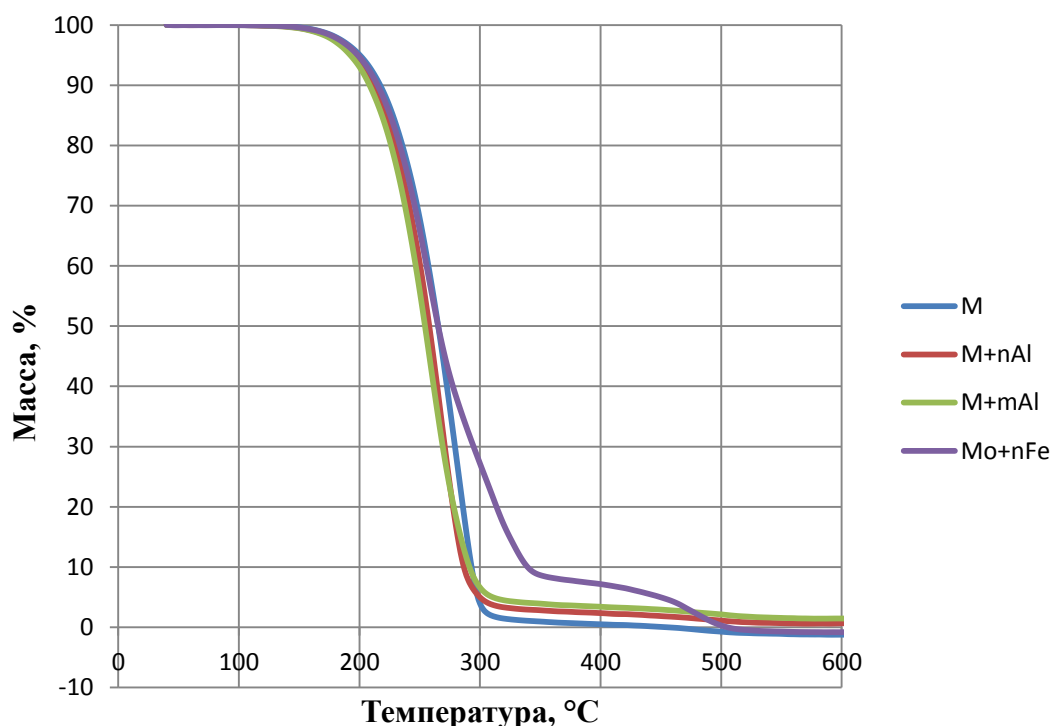


Рисунок 14 – Зависимость массы от температуры нагрева

В Таблице 4 представлены основные параметры деструкции базового масла и с добавлением порошков металлов.

Таблица 4 – Основные параметры деструкции

Образец	T5, °C	T50, °C
M	200	265
M/nAl	195	258
M/mAl	192	255
M/nFe	198	265

где: T5 – температура, при которой наблюдается потеря массы 5 %

T50 – температура, при которой наблюдается потеря массы 50 %

Анализ основных параметров деструкции показал, что образец масла без порошков и с добавлением нанопорошка железа наиболее устойчивы к воздействию температуры. Добавление нанопорошка алюминия и микропорошка в масло привело к уменьшению температуры T5 на 5 °C, 8°C и T50 – на 7 °C, 10°C по сравнению с исходным маслом.

Далее была взята первая производная от зависимости массы от температуры (ДТГ) и получена зависимость скорости изменения массы от температуры (рисунок 15). По данным ДТГ определяем, что наибольшую скорость разложения в диапазоне температур 200–400 °C имеет образец M/nAl – 1,6 %/°C, наименьшую скорость разложения – образец M/nFe – 1%/°C. Для сравнения, наибольшая скорость изменения массы образца чистого масла составила 1,48 %/°C.

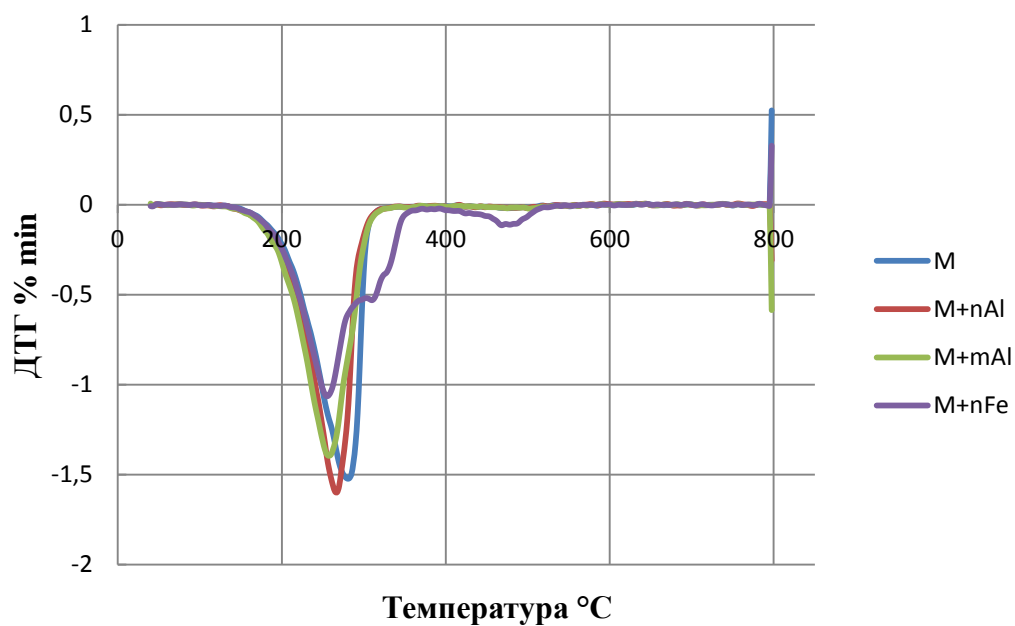


Рисунок 15 – Зависимость ДТГ образцов масла

На рисунке 16 представлены зависимости ДСК исследуемых образцов масла, отражающие тепловые эффекты реакций, происходящие при термической деструкции.

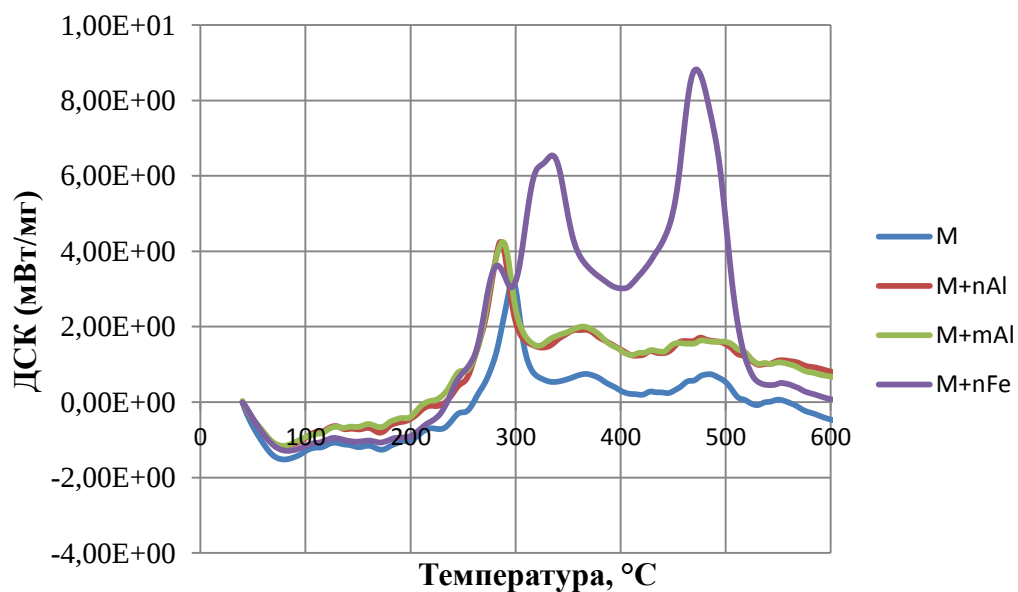


Рисунок 16 – Зависимость ДСК образцов масла

Поведение при нагреве суспензий масла с нано- и микропорошками алюминия несущественно отличается от исходного индустриального масла.

Результаты обработки ДСК зависимостей сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Максимумы кривых по ДСК

Образец	ДСК, мВт/мг	Температура, °С
М	3,07	287,5
М/nAl	4,25	282,5
М/mAl	4,25	282,5
М/nFe	6,54 и 8,79	322,5 и 467,5

Добавление в масло нанопорошка алюминия приводит к ускорению термоокислительной деструкции масла, тем самым понижая термическую стабильность, а также приводит к повышению горючести масла, понижая температуру вспышки. Добавление микропорошка алюминия снизило термостойкость масла, при этом практически не повлияла на температуру вспышки, по сравнению с исходным маслом, это связано с тем, что фаза окисления микрочастиц алюминия начинается при воздействии более высоких температур, чем у нанопорошка алюминия. Аналогично показало добавление нанопорошка железа, которое привело к ускорению термоокислительной деструкции, так как нанопорошок железа является катализатором и ускоряет процесс деструкции. Температура вспышки уменьшилась, что объясняется ранним началом окисления нанопорошка железа при нагревании суспензии.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ11	Соловьеву Никите Николаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах, анкетирование, опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования влияния порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
6. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Сегодня формирование требований к физико-химическим и эксплуатационным свойствам смазочных материалов основывается на широко известных и практически применяемых классификациях и спецификациях, в которых важнейшие характеристики смазочных материалов заданы в виде результатов испытаний по известным (в большинстве случаев стандартизованным) методам. Это позволяет всем заинтересованным сторонам (изготовителям смазочных материалов, машиностроителям, потребителям их продукции) обмениваться достаточно полной и единообразно понимаемой информацией о свойствах смазочных материалов, целесообразном их использовании.

Введение добавок, снижающих пожарную опасность материалов, является эффективным способом снижения горючести масел. Однако выбор добавок является сложным, поскольку существует множество их вариаций, и каждый порошок имеет свои уникальные физико-химические свойства и соответствующую стоимость.

Целью данной работы является исследование влияния порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел при введении их в качестве наполнителей.

Для обозначения цели работы были сформированы следующие задачи:

- 1) Определить потенциальных потребителей результатов исследования.
- 2) Провести анализ конкурентных технических решений.
- 3) Выполнить планирование управления научно-техническим проектом.
- 4) Рассчитать бюджет научного исследования.
- 5) Оценить социальную эффективность исследования.

Потенциальными заказчиками результатов ВКР могут быть производители моторных масел, машиностроители, представители испытательных пожарных лабораторий (ИПЛ), научно-исследовательские институты (НИИ), занимающиеся исследованиями в области пожаробезопасности.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В целях анализа потенциальных потребителей результатов проведенного исследования проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка в области пожаробезопасности

	Область применения		
	Разработка пожарной безопасности	Пожарные испытания	Применение пожаробезопасных материалов
Производители ММ			
ИПЛ			
НИИ			
Машиностроении			

 – минеральные моторные масла с наполнителями порошков металлов

Анализ сегментов рынка показывает, что исследования в области пожароопасности минеральных моторных масел могут проводиться любым предприятием, работа которых ориентирована на испытания и разработки в области пожаробезопасности.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проводится с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 7.

Для оценки конкурентных методов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

- 1 – наиболее слабая позиция;
- 2 – ниже среднего, слабая позиция;
- 3 – средняя позиция;
- 4 – выше среднего, сильная позиция;
- 5 – наиболее сильная позиция;

В качестве вариантов используемых антипиренов как У_Г обозначены углеродные нанотрубки, как Т – терморасширенный графит, и как НП – нанодисперсные порошки.

Таблица 7 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БУ _Г	БТ	БНП	КУ _Г	КТ	КНП
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность	0,19	4	3	5	0,76	0,57	0,95
2. Безопасность	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
3. Сложность производства	0,07	2	3	4	0,14	0,21	0,28
4. Сложность исходных материалов	0,06	2	4	3	0,12	0,24	0,18
5. Специальное оборудование для производства	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	3	4	5	0,18	0,24	0,3
2. Цена	0,14	2	5	4	0,28	0,7	0,56
3. Предполагаемый срок исследований	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2

4. Финансирование научной разработки	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
5. Наличие сертификации разработки	0,08	3	2	5	0,24	0,16	0,4
Итого	1	28	34	41	2,92	3,42	4,22

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно сделать вывод, что использование нанодисперсных порошков (НП) является наиболее эффективным. Низкая конкурентоспособность других антипиренов объясняется их меньшей эффективностью и безопасностью.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1Снижение пожароопасности масел С2Улучшение технических свойств масел С3Научная актуальность С4Уменьшение времени старения масла	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1Отсутствие базового масла Сл2Отсутствие добавок производителя в масле Сл3Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1Повышениестоимости конкурентных разработок		

Угрозы: У1Отсутствие спроса на новые технологии производства У2Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3Изменение цен на нанодисперсные металлы		
--	--	--

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 9, 10, 11 и 12.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	-	+
	У2	+	-	+	+

	У3	+	+	-	+
--	----	---	---	---	---

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	-
	У2	+	-	+
	У3	-	-	+

Таким образом, в рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 13).

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1Снижение пожароопасности масел С2Улучшение технических свойств масел С3Научная актуальность С4Уменьшение времени старения масла	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1Отсутствие базового масла Сл2Отсутствие добавок производителя в масле Сл3Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1Повышениестоимости конкурентных разработок	Снижение пожароопасности, улучшение технических характеристик увеличит конкурентоспособность	Получение базового масла, знания о добавках производителей и бюджетное финансирование увеличит конкурентоспособность
Угрозы: У1Отсутствие спроса на новые технологии производства У2Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3Изменение цен на нанодисперсные металлы	Снижение пожароопасности, улучшение технических свойств вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.	В связи с несвоевременным финансированием, и увеличением цен на нанодисперсные металлы, работа может оказаться невостребованной

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Перечень вопросов приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации	2	3

	научной разработки		
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	42	41

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 41 до 42, что говорит о средней перспективности проекта. Многие аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний. Следовательно, требуются дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно- технического исследования

Наиболее целесообразным способом коммерциализации результатов научно-технического исследования можно считать передачу интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. Так как разработка нацелена на исследование термостойкости минеральных моторных масел, результаты исследования могут быть использованы при разработке масел, используемых для машин и др. применения. Продажа результатов исследования компаниям, производящим минеральные моторные масла, является наиболее эффективным методом коммерциализации.

4.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

Цели и результаты проекта

В данном разделе приведена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей (таблицы 15-16).

Таблица 15 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Научно-исследовательские институты	Проведение исследований в области горючести и термостойкости полимерных композитов
Испытательные пожарные лаборатории	Проведение исследований и разработок в области пожарной безопасности
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Таблица 16 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование влияния порошков металлов на термическую стабильность минеральных моторных масел
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка научно обоснованных подходов к повышению термической стабильности минеральных моторных масел за счет создания их нанокристаллитной структуры при введении порошков металлов

Критерии приемки результата проекта:	Установление новых закономерностей влияния порошков металлов, а также установление механизма действия наполнителей на пожароопасность масел
Требования к результату проекта:	Требования:
	Выполнение проекта в срок
	Научная новизна проекта
	Получение материала высокой прочности
	Термическая и термоокислительная стабильность
	Установление оптимального соотношения компонентов в комбинации наполнителей

Организационная структура проекта

На данном этапе работы были решены следующие вопросы: кто входил в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Таблица 17 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, час.
1.	Назаренко О.Б., профессор ОКД НИ ТПУ	Координация (руководитель проекта)	Координирование деятельности	250
2.	Соловьев Н.Н., магистрант ОКД НИ ТПУ	Выполнение (исполнитель проекта)	Выполнение исследовательской работы.	300
ИТОГО:				550

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 17 представлен шаблон иерархической структуры.

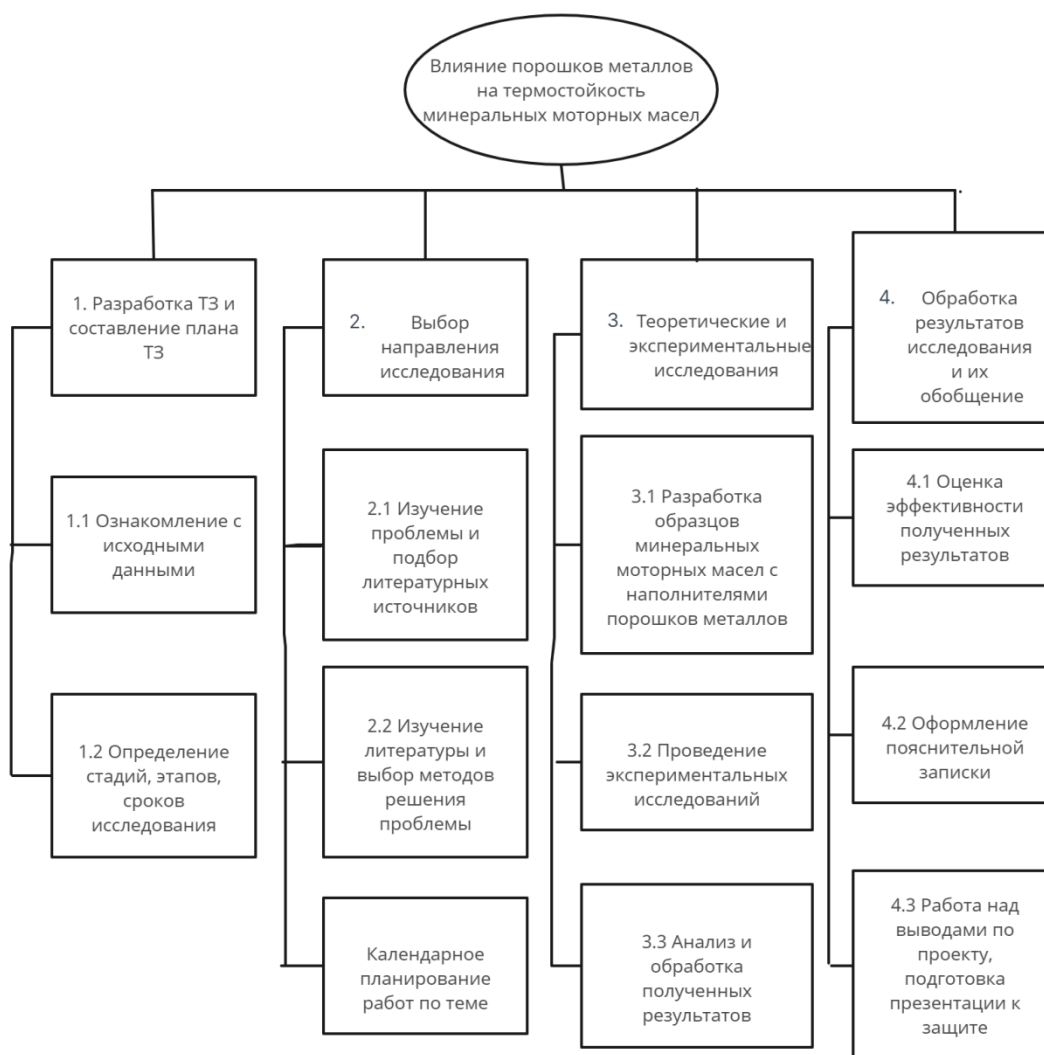


Рисунок 17 – Иерархическая структура по ВКР

4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен линейный график проекта (таблица 18).

Расчет продолжительности и последовательности работ дает возможность своевременно и эффективно выполнять запланированный объем работ.

Таблица 18 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, рабочие дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.1	Выбор и утверждение темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач	5	20.10.22	25.10.22	О.Б. Назаренко, Н.Н. Соловьев
1.2	Выбор направления, объектов и методов исследования	3	28.10.22	30.10.22	О.Б. Назаренко, Н.Н. Соловьев
2.1	Подбор, анализ литературы по тематике работы	60	20.10.22	9.02.23	Н.Н. Соловьев
3.1	Исследования в период прохождения научно-производственной практики: изготовление образцов эпоксидных композитов	25	9.02.23	13.03.23	О.Б. Назаренко, Н.Н. Соловьев
3.2	Проведение термического анализа подготовленных образцов минеральных моторных масел	10	15.03.23	26.03.23	О.Б. Назаренко, Н.Н. Соловьев
3.3	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	10	30.03.23	10.04.23	Н.Н. Соловьев
4.1.	Оценка эффективности и анализ полученных результатов, работа над выводами	14	13.04.23	30.04.23	Н.Н. Соловьев

4.2-4.3	Оформление проекта к сдаче	25	5.05.23	06.06.23	Н.Н. Соловьев
Итого		152			

Далее требуется построить диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Диаграмма представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				октябрь			ноябрь			декабрь			февраль			март			апрель			май			июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1	Выбор и утверждение темы научно-исследовательской работы. Постановка цели и задач	Р, М	5																								
1.2	Выбор направления, объектов и методов исследования	Р, М	3																								
2.1	Подбор, анализ литературы по тематике работы	М	60																								
3.1	Исследования в период прохождения научно-производственной практики:изготовление образцов эпоксидных композитов	Р, М	25																								
3.2	Проведение термического анализа подготовленных образцов минеральных моторных масел	Р, М	10																								
3.3	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	М	10																								
4.1	Оценка эффективности и анализ полученных результатов, работа над выводами	М	14																								
4.2-4.3	Оформление проекта к сдаче	М	25																								
	Общее количество раб. дней		152																								

	Руководитель проекта		Исполнитель (магистрант)
--	----------------------	--	--------------------------

4.3.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

- материальные затраты научного исследования;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата научно-производственного персонала;
- дополнительная заработная плата научно-производственного персонала;
- отчисления на социальные нужды (во внебюджетные фонды);
- накладные расходы.

4.3.4 Расчёт материальных затрат научного исследования

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3–5 % от цены). Результаты занесены в таблицу 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма,руб.
Минеральное масло	И-20А – 1000 мл	1000 мл	0,46	460
Моторное масло	Total Evolution 700 STI 10W-40, объем – 1000 мл	1000 мл	1,45	1250
Нанопорошок железа	Химпродукт, объем 100 г	100 г	3,9	390

Нанопорошок алюминия	Химпродукт, объем 50 г	50 г	19,9	995
Нанопорошок меди	Химпродукт, объем 10 г	10 г	7,7	770
Пластиковая пробирка	ООО «НордЛаб», объем 1,5 мл	45 шт.	4	180
Медицинский шприц	Здравторг, объем 10 мл	14 шт.	8	112
Интернет	Ростелеком	5 Гб	62,4	312
Электроэнергия	Томскэнергосбыт	114 кВт/час	3,66	417
Всего за материалы				4698
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				188
Итого по статье C_m				4886

Итого материальные затраты на проведение научно-исследовательской работы составили 4886 рублей.

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «Специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

4.3.5 Основная заработная плата научно-производственного персонала

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 21.

Согласно приказу ректора ТПУ ежемесячный оклад для профессора со степенью доктора наук составляет 47 104 рублей без районного коэффициента ($PK = 1,3$).

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1		Руководитель		-	47 104
2		Магистр		-	16 242
Итого:					63 346

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (3)$$

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 3.16);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Следовательно, для руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = 47104 \cdot 1,3 = 61235,2 \text{ рублей}$$

Для магистра:

$$Z_{\text{осн}} = 16242 \cdot 1,3 = 21114,6 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года при отпуске в 45 рабочих дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Следовательно, для руководителя:

$$З_{дн} = \frac{61235,2 \times 10,4}{254} = 2507,3 \text{ рублей}$$

Для магистра:

$$З_{дн} = \frac{21114,6 \times 10,4}{217} = 1011,9 \text{ рублей}$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	82
выходные дни	13	13
праздничные дни		
Потери рабочего времени	45	52
отпуск	-	-
невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	217

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	k_p	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	47 104	1,3	61 235,2	2 507,3	48	61 235,2
Магистр	16 242	1,3	21 114,6	1011,9	76	21 114,6
Итого по статье 3						82 349,8

4.3.6 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,1$);

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Руководитель	Магистр
Основная зарплата	61 235,2	21 114,6
Дополнительная зарплата	9 185,2	–
Зарплата исполнителя	70 420,4	21 114,6
Итого	91 535,0	

4.3.7 Отчисления на социальные нужды (во внебюджетные фонды)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$С_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (61235,2 + 21114,6) = 24869,6 \text{ руб.} \quad (6)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30,2 %.

4.3.8 Накладные расходы

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = \kappa_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (7)$$

где $\kappa_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов (равен 30,2 %).

$$C_{\text{накл}} = 0,302 * (61235,2 + 21114,6) = 24869,6 \text{ руб.}$$

4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 25 – Бюджет затрат НТИ

Затраты по статьям							
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрик аты	Специальное оборудование для научных (эксперимента льных) работ	Основная зарботна я плата	Дополните льная зарботная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимост ь
1	4886	-	82 349,2	9 185,2	24869,6	24869,6	141 273,2

В результате было получено, что бюджет затрат НТИ составит 141 273,2 руб. Наибольшую долю бюджета составляют затраты на основную заработную плату, а наименьшую – затраты на сырьё и материалы.

4.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для данного научно-исследовательского проекта согласно критериям выбора была построена организационная структура проекта (рисунок 18).

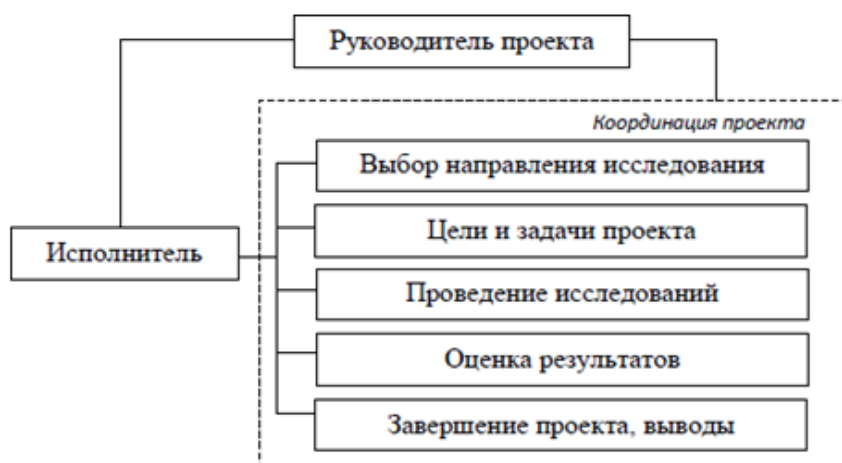


Рисунок 18 – Организационная структура проекта

4.5 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 26.

Таблица 26 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Магистрант	Научному руководителю	Еженедельно
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Магистрант	Научному руководителю	Еженедельно (пятница)

3.	Документы и информация по проекту	Магистрант	Научному руководителю	Не позже сроков сдачи предварительного варианта работы
4.	О выполнении контрольной точки	Магистрант	Научному руководителю	Не позже установленного дня контрольного события

4.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по данному разделу сведена в таблицу 27.

Таблица 27 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Изготовление неточных образцов минеральных моторных масел	Получение ошибочных результатов термического анализа	3	5	высокий	Изготовление образцов строго согласно ГОСТу	Невнимательность со стороны исполнителя эксперимента

2	Воспламенение образцов минеральных моторных масел и как следствие выброс токсикантов в воздух рабочей зоны	Токсическое воздействие на организм лаборанта	4	5	высокий	Установка газоанализаторов в лаборатории и их применение при проведении экспериментального исследования	Неисправность установки ОТП
---	--	---	---	---	---------	---	-----------------------------

4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.7.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитывается фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (DPP);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

4.7.2 Чистая текущая стоимость (NPV)

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше **NPV** , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если **NPV** является положительной.

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то **NPV** определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (8)$$

где **ЧДП_{опt}** – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I₀ – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета (**t** = 0, 1, 2... **n**);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт **NPV** позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если **NPV** > 0, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 28. При расчете рентабельность проекта составляла 20%, амортизационные отчисления 10 %. Бюджет проекта = 141 273,2 руб.

Ставка дисконтирования за период была взята 20%.

$$K_1 = 1/(1+0,2)^1 = 0,83$$

$$K_2 = 1/(1+0,2)^2 = 0,69$$

$$K_3 = 1/(1+0,2)^3 = 0,57$$

$$K_4 = 1/(1+0,2)^4 = 0,48$$

Таблица 28 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб.	0	169,52	169,52	169,52	169,52
2.	Итого приток, тыс.руб.	0	169,52	169,52	169,52	169,52
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-141,273	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	56,509	56,509	56,509	56,509
5.	Налогооблагаемая прибыль		152,57	152,57	152,57	152,57
6.	Налоги, тыс. руб Выр.опер=донал.приб*20%	0	28,25	28,25	28,25	28,25
7.	Итого отток, тыс.руб. Опер.затр.+налоги	-141,273	84,76	84,76	84,76	84,76
8.	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-141,273	124,32	124,32	124,32	124,32
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=20\%$)	1,0	0,83	0,69	0,57	0,48
10.	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс.руб. (с8*с9)	-141,273	103,19	85,78	70,86	59,67
11.	То же с нарастающим итогом, тыс.руб. (NPV = 178,23 тыс. руб.)	-141,273	-38,08	47,7	118,56	178,23

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 178,23 тыс. рублей, что позволяет сделать вывод о его эффективности.

4.7.3 Дисконтированный срок окупаемости

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 29).

Таблица 29 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-141,273	103,19	85,78	70,86	59,67
2.	То же нарастающим итогом	-141,273	-38,08	47,7	118,56	178,23
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{\text{дск}} = 1 + 38,08/85,78 = 1,44$ года				

4.7.4 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из Таблицы 30 и графика, представленного на рисунке 19.

Таблица 30 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, тыс.руб.
1	Чистые денежные потоки	-141,273	124,32	124,32	124,32	124,32	
2	Коэффициент дисконтирования						
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,07	
	i=0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	i=0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	i=1	1	0,5	0,25	0,0125	0,0062	
3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						
	i=0,2	-141,273	103,558	86,278	71,857	59,922	180,342
	i=0,3	-141,273	95,6	73,597	56,565	43,512	128,001
	i=0,4	-141,273	88,764	63,403	45,252	32,323	88,469
	i=0,5	-141,273	82,921	55,198	36,674	24,615	58,135
	i=0,6	-141,273	77,7	48,484	30,334	11,81	27,055
	i=0,7	-141,273	73,1	41,647	25,237	8,702	7,413
	i=0,8	-141,273	69,122	38,414	21,258	11,81	-0,669
	i=0,9	-141,273	65,392	34,436	18,15	9,572	-13,723
	i=1	-141,273	62,16	31,08	1,554	0,77	-45,709



Рисунок 19 – График зависимости NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,79.

4.7.5 Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0 \quad (9)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{103,19 + 85,78 + 70,86 + 59,67}{141,273} = 2,26$$

$PI = 2,26 > 1$, следовательно, проект эффективен.

4.8 Социальная эффективность проекта

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 31 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Нерациональное использование нанопорошков металлов	Применение нанопорошков металлов в качестве замедлителей горения масел
Повышенная горючесть минеральных моторных масел, используемых в быту, строительстве и т.д.	Снижение горючести минеральных моторных масел за счёт их модифицирования антипиренами

4.8.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения повсем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (10)$$

$I_{\text{фин}}^p$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Вариант № 1: Применение нанопорошков металлов в качестве антипиренов, бюджет проекта – 141 273,2 руб.

Вариант № 2: Применение углеродных нанотрубок, стоимость – 350 000 руб.

Вариант № 3: Применение терморасширенного графита, стоимость – 480 000 руб.

Следовательно,

$$I_{\Phi B1}^p = \frac{141273,2}{480000} = 0,29$$

$$I_{\Phi B2}^p = \frac{350000}{480000} = 0,73$$

$$I_{\Phi B3}^p = \frac{480000}{480000} = 1,$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (11)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение производительности	0,2	4	5	4
2. Простота эксплуатации	0,1	3	3	5
3. Скорость	0,25	5	3	4
4. Технологичность	0,1	5	5	4
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4
6. Цена	0,1	5	4	5
7. Время	0,15	5	4	4
ИТОГО:	1	31	28	28

$$I_m^p = \frac{31}{31} = 1$$

$$I_m^{a1} = I_m^{a2} = \frac{28}{31} = 0,9$$

$$I_m^p = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,5$$

$$I_m^{a1} = 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 3,95$$

$$I_m^{a2} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,0 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,00$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} \quad (12)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{1}{0,29} = 3,45$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{0,9}{0,73} = 1,23$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{0,9}{1} = 0,9$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathfrak{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (13)$$

$\mathfrak{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{ф}}^p$ – интегральный финансовый показатель разработки;

I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов.

$$\mathfrak{E}_{\text{ср}}^p = \frac{0,29}{1} = 0,29$$

$$\mathfrak{E}_{\text{ср1}}^p = \frac{0,73}{0,9} = 0,81$$

$$\mathfrak{E}_{\text{ср2}}^p = \frac{1}{0,9} = 1,11$$

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,29	0,73	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,95	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	3,45	1,23	0,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,24	0,81	1,11

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод по разделу:

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» исследованы потенциальные потребители результатов научного исследования и построена карта сегментирования рынка в области пожаробезопасности. Проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Построена интерактивная матрица проекта, в которой показаны слабые и сильные стороны, возможности и угрозы для проекта.

Определены заинтересованные стороны, цели и результаты научно-исследовательского проекта (таблицы 14-15). Составлен полный перечень работ, проводимых при исследовании влияния высокодисперсных наполнителей на горючесть и термическую стабильность эпоксидных композитов. Также разработан календарный план-график проведения научного исследования (таблица 19). Время работы над проектом – с марта по май. Кроме того, проведен SWOT-анализ, выявлены сильные и слабые стороны данного проекта.

Бюджет НТИ составил: материальные затраты – 4,9 тыс. руб., основная заработная плата – 82,3 тыс. руб., дополнительная заработная плата – 9,2 тыс. руб., накладные расходы – 24,8 тыс. руб., отчисления на социальные нужды – 24,8 тыс. руб. Итоговый бюджет затрат НТИ составил 141,2 тыс. руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1ЕМ11		ФИО Соловьев Никита Николаевич	
Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации	<i>Объект исследования: минеральные моторные масла</i> <i>Область применения: машиностроение, производство моторных масел</i> <i>Рабочая зона: лаборатория</i> <i>Размеры помещения: 5*4 м.</i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: термоанализатор STA 449 F1 Jupiter, ПК, весы</i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: нагрев, сбор, анализ и обработка информации об изменении показателей масс и температур образцов масел</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. ПНД Ф 12.13.1-03 «Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Вредные факторы: 1. Повышенный уровень шума; 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; Опасные факторы: 1. Связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека; 2. Связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; Использование средств коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: защитный халат, защитные очки, защитные перчатки Расчет: расчет системы искусственного освещения
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону отсутствует Воздействие на литосферу отходы

	люминесцентных ламп Воздействие на гидросферу самостоятельная утилизация моторного масла Воздействие на атмосферу продукты сжигания моторного масла
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС 1. природные – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2. техногенные – пожар, несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа) Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Целью раздела «Социальная ответственность» является выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих на объекте, в данном случае лаборатория, и разработка мер по снижению воздействия этих факторов на персонал, а также принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в испытаниях и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

При этом необходимо следовать правилам, нормам, инструкциям и прочим документам, закрепленным в нормативно-правовых актах. Социальная ответственность должна обеспечивать: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование не возобновляемых природных ресурсов.

Рабочее место лаборанта – кабинет, оснащенный необходимым оборудованием для проведения исследовательских работ (термоанализаторы, установки для испытания материалов на возгораемость, установки для определения огнезащитной эффективности покрытий и т.д.). Кроме того, кабинет оснащен техникой и другими объектами: персональный компьютер (совокупность из монитора, системного блока, клавиатуры, мыши и проводов для подключения описанных выше устройств), столы и стулья, распределительный щиток, огнетушители, кондиционер, местная вытяжная вентиляция.

Работа лаборанта заключается в сборе, анализе и обработке информации об изменении показателей масс и температур образцов масел.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые нормы трудового законодательства

Научно-исследовательская работа осуществлялась в испытательной пожарной лаборатории г.Томска.

Продолжительность рабочего времени, а именно начало и его окончание определена по соглашению сторон работодателя и работника в соответствии с главой 16 ст. 102 ТК РФ «Работа в режиме гибкого рабочего времени» [20].

Выполнение работ связано с воздействием вредных и (или) опасных факторов производственной среды, в связи с чем, работникам бесплатно выдаются средства индивидуальной защиты и смывающие средства, в соответствии с главой 36 ст. 221 ТК РФ «Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты» Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [21].

Лаборант допускаются к исполнению своих работ только после вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности, инструктажа на рабочем месте и после собеседования по вопросам техники безопасности. Проведение всех видов инструктажа регистрируется в журнале. Работа в лаборатории начинается с осмотра оборудования, наведения порядка на рабочем месте, применение индивидуальных средств защиты по ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) [22].

При проведении специальной оценки условий труда на рабочем месте, работник вправе обращаться к эксперту, проводящей специальную оценку условий труда с предложениями по осуществлению на его рабочем месте идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов и за получением разъяснений по вопросам проведения специальной оценки условий труда на его рабочем месте Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. №426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" [23].

5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [24]. Оно должно занимать площадь не менее 6 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами лаборанта и экраном видеодисплея должно составлять (40 – 80) см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

5.3 Производственная безопасность

Чтобы оценить возникновение вредных и опасных факторов, необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы [25]. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы 34.

Таблица 34 – Перечень опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*
Связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	ГОСТ Р 51337-99 Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
Связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Превышение уровней шума

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца. Требования по допустимому уровню звукового давления, звука и эквивалентных уровней звука выполняются в соответствии с СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [26].

В лаборатории основным источником шума являются: местная вытяжная вентиляция и компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума в первом случае варьируется от 45 до 50 дБА, во втором – от 35 до 40 дБА. При этом уровень шума при выполнении экспериментальных работ в лаборатории не должен превышать 95 дБА.

Для снижения уровня шума в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 [27]. рекомендуется использоваться следующие методы и средства защиты от шума:

- правильная организация труда и отдыха;
- снижение и ослабление шума;
- применение звукопоглощающих преград (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов (керамзит, шамотный кирпич));

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие

на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр. Согласно СП 52.13330.2016 . Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95* [28], в аналитической лаборатории, освещенность должна быть 400-600 лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Расчёт искусственного освещения

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Длина помещения $A = 5000$ мм, ширина $B = 4000$ мм, высота = 3500 мм. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1000$ мм.

Согласно СП 52.13330.2016 необходимо создать освещенность не ниже 400 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 5 \cdot 4 = 20 \text{ м}^2,$$

Где A – длина, м; B – ширина, м.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_n = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\phi_{л\delta} = 2600$ лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна $s = 1227$ мм, ширина – $d = 265$ мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$H = h_n - h_p,$$

Где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,00 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2,0 = 2,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{4}{2,2} = 1,81 \approx 2$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{5}{2,2} = 2,27 \approx 2$$

Общее число светильников:

$$N = N_a \cdot N_b = 2 \cdot 2 = 4$$

Расстояния от крайних светильников до стены и расстояния между соседними светильниками с учётом длины помещения определяются по формулам:

$$A = N_b \cdot S + L_1 + \frac{2}{3}L_1$$

$$5000 = 2 \cdot 1227 + L_1 + \frac{2}{3}L_1$$

$$L_1 = 1527,6 \text{ мм} = 1,5 \text{ м}$$

$$l_1 = \frac{L_1}{3} = \frac{1527,6}{3} = 509,2 \text{ мм} = 0,509 \text{ м}$$

Расчёт расстояния от крайних светильников до стены с учётом ширины помещения:

$$B = N_b \cdot D + L_2 + \frac{2}{3}L_2$$

$$4000 = 2 \cdot 265 + L_2 + \frac{2}{3}L_2$$

$$L_2 = 2082 \text{ мм} = 2,08 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{L_2}{3} = \frac{2,08}{3} = 0,69 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 20 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

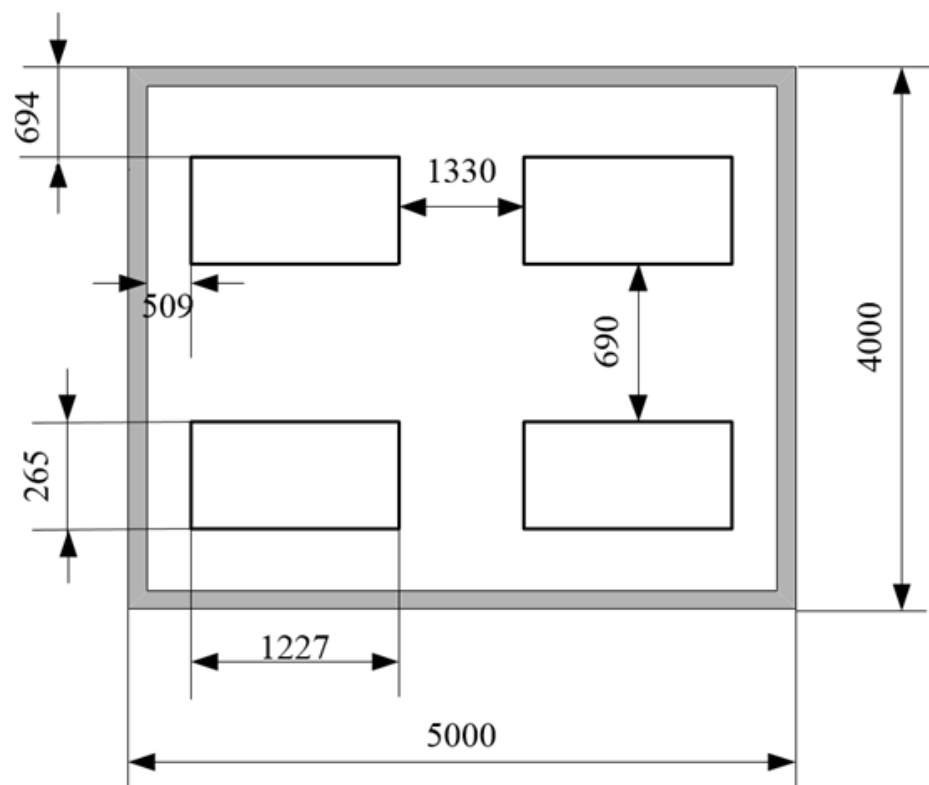


Рисунок 20 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5 \cdot 4}{2 \cdot (5 + 4)} = 1,11$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_n = 70\%$, $\rho_c = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,1$ равен $\eta = 0,43$. Количество ламп в 4 светильниках – 8.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\pi} = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,43} = 2877 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2877}{2600} \cdot 100\% = 10\%$$

Таким образом, $-10\% \leq -10\% \leq 20\%$, следовательно, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Электрическая мощность всей осветительной системы:

$$P = N_{\text{л}} \cdot p_{\text{л}} = 8 \cdot 40 = 320 \text{ Вт}$$

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека

Термические опасности в испытательной пожарной лаборатории обусловлены наличием оборудования с повышенной и пониженной температурой поверхности. Аппарат с повышенной температурой поверхности, например, термоанализатор, защищен специальным заградительным корпусом.

Согласно ГОСТ Р 51337-99 Температуры касаемых поверхностей [29]. При работе с оборудованием с повышенной и пониженной температурой поверхности исключается их непосредственный контакт с кожными покровами, используются специальные захваты и защитные перчатки из жароустойчивого материала. Так же необходимо соблюдать правила техники безопасности и использовать средства индивидуальной защиты ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1 \text{ А}$; $U < (2-36) \text{ В}$; $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$ согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [30]. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

На рабочем месте лаборанта находятся системный блок, клавиатура и монитор. При включении монитора на электронно-лучевой трубке формируется большое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками, прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии. Перед началом работы необходимо убедиться в отсутствии висящих под столом или свешивающихся со стола проводов электропитания, в целостности провода электропитания и вилки.

Для того, чтобы исключить возникновения поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 2017 [31]. рекомендуется проводить организационные мероприятия, такие как:

- произвести изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- производить технический осмотр оборудования;
- соблюдение условий эксплуатации, а также сборки и установки оборудования согласно конструкторской документации;

- произвести установку защитного заземления;
- оснастка помещения всеми необходимыми предписанию нормами для электробезопасности; – проводить инструктаж по технике безопасности персоналу, работающему с оборудованием; – обеспечение свободного прохода;
- использовать плавкие предохранители и автоматические выключатели для защиты от КЗ;
- обучение мероприятиям по работе с электрическими приборами.

5.4 Экологическая безопасность

Воздействие на литосферу

Одним из минусов люминесцентных ламп является применение небольшого количества ртути, и отказаться от ее использования не представляется возможным, так как на этом металле основан принцип работы. Лампы относятся к 1 классу опасности – чрезвычайно опасным отходам ГОСТ Р 53692-2009 [32].

Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами.

Лампы необходимо передать специализированной организации, которая занимается утилизацией ламп. СанПиН 2.1.3684-21 [33]. строго регламентирует порядок утилизации люминесцентных ламп:

- Отходы собираются, складировются и хранятся в контейнере для утилизации люминесцентных ламп до момента переработки.
- Светильник дробится прессом.

- Сырье отправляется в камеру с высокой температурой.
- Выделяемый газ попадает в вакуумную ловушку, где конденсируется и фильтруется.

Из переработанных отходов получают небольшое количество ртути, которое используется вторично для изготовления аналогичных ламп.

Воздействие на гидросферу

Попадание масла в водоемы приведет загрязнение гидросферы и гибели водной фауны. Масла, а также их отходы регламентируются Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 30.11.2021) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации". Данное постановление точно нормирует ПДК нефтепродуктах в стоках:

- Предельно допустимая концентрация в сточных водах прочих видов нефти – 0,3 мг/л.

При авариях, ремонте аппаратов, оборудования и трубопроводов категорически запрещается сброс в канализацию нефтяных и химических продуктов, не являющихся сточными водами.

Воздействие на атмосферу

Основной вред окружающей среде причиняется при горении минеральных моторных масел, так как при этих процессах в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ. Это продукты сжигания – угарный, углекислый газ, диоксид серы и азота. Но также органические вещества такие как бенз(а)пирен, который относится к 1-му классу опасности и является канцерогенном.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [34] на выбросы наложены ограничения. Для

минеральных моторных масел это оксид углерода (IV, II), диоксид азота, серы, бенз(а)пирен.

Согласно ГОСТ Р 56828.42-2018 «Наилучшие доступные технологии. Утилизация отработанных масел» [35] и ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов» [36] – утилизация отходов нефтепродуктов, в том числе отработанных масел, может осуществляться на предприятиях нефтепереработки в качестве вторичного сырья, которое поступает в начало процесса переработки нефти. Отработанные масла могут после их предварительной обработки использоваться в качестве базового масла в масляном производстве. При раздельном сборе масел возможно восстановление их первоначальных свойств и повторное использование, что позволяет продлить срок службы масла.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для лаборатории наиболее вероятная ЧС это техногенная авария в виде пожара. Возникновение пожара считается производственной аварией, так как он наносит значительный материальный ущерб и может вызвать остановку технологического процесса. Любой пожар легче всего ликвидировать в начальной стадии, приняв меры к локализации очага, чтобы не допустить образования площади горения. Успех быстрой локализации очага пожара в начальной стадии зависит:

- от наличия огнетушительных средств и умения применять их;
- от наличия пожарной связи и сигнализации для оповещения о возникновении пожара и вызова пожарной помощи.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" помещения лабораторий оборудованы следующими средствами пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран

с рукавом, также помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

При загорании электрических аппаратов или веществ около проводов находящихся под током во время тушения пожаров всегда имеется опасность поражения током. Поэтому в здании или его части, где производится тушение пожара, электрическая сеть должна быть отключена.

Организационные мероприятия:

- планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия;
- подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС;
- создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;
- наличие и поддержание в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о ЧС.

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела диссертационной работы «Социальная ответственность» выявлено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

С точки зрения «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)» помещение для исследования относится к категории: помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

В представленной работе выбраны:

- Группа персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок определена: Группа I.

- Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

- Помещение лаборатории относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

- Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории.

Заключение

В данной работе проведено исследование влияние порошков металлов на термостойкость минеральных моторных масел.

В результате обзора литературных источников были изучены индустриальные масла по их свойствам и предназначению. Важным свойством масел является их термостойкость, которая оказывает прямое влияние на горючесть смазочных материалов. Изучили ряд методов контроля термоокислительной стабильности.

Так как большинство смазочных материалов имеют в своем составе присадки для улучшения эксплуатационных характеристик, а большинство научных работ направлено только на улучшение рабочих свойств масла, то важно оценить влияние порошков металлов, на такой важный параметр, как термостойкость.

Для экспериментального исследования подготовлены образцы суспензий масла с добавлением нанопорошков: железа, алюминия и микропорошка железа. В приготовлении каждого образца использовалось: 60 мл масла с концентрацией 1 масс. %.

Изучены свойства исходных порошков металлов и суспензии в минеральном масле при нагревании с помощью метода термического анализа. Проведена оценка влияния порошков металлов на процесс термоокислительной деструкции минерального масла тем же методом и на температуру вспышки.

Результаты исследования показали, что добавление в масло нанопорошка алюминия приводит к ускорению термоокислительной деструкции масла, тем самым понижая термическую стабильность, а также приводит к повышению горючести масла, понижая температуру вспышки. Добавление микропорошка алюминия снизило термостойкость масла, при этом практически не повлияла на температуру вспышки, по сравнению с исходным маслом, это связано с тем, что фаза окисления микрочастиц

алюминия начинается при воздействии более высоких температур, чем у нанопорошка алюминия. Аналогично показало добавление нанопорошка железа, которое привело к ускорению термоокислительной деструкции, так как нанопорошок железа является катализатором и ускоряет процесс деструкции. Температура вспышки уменьшилась, что объясняется ранним началом окисления нанопорошка железа при нагревании суспензии.

Результаты проведенного исследования могут быть применены в целях повышения термостойкости минеральных масел.

Список публикаций

1) Задорожная Т.А., Назаренко О.Б., Соловьев Н.Н. Применение термического анализа для оценки влияния нанодисперсных порошков металлов на деструкцию моторного масла / Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов XII Международной научно-практической конференции, 27–29 мая 2021 г., Юрга. — Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – С. 156-158.

2) Соловьев Н.Н., Бактубаева Г.Н., Абдуллина А.Р., Иванов А.А. Обеспечение пожарной безопасности объекта социального назначения на примере общежития / науч. рук. Т. А. Задорожная // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, 7 -12 октября 2019 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 110.

Список использованных источников

- 1) Гриб В.В., Буяновский И.А. Смазочные материалы и смазка деталей машин. Учебное пособие. – М: Изд. ГТУ, 2008. – 80 с.
- 2) ГОСТ 17479.4-87 «Масла индустриальные. Классификация и обозначение». – М.: Стандартинформ, 2015.
- 3) Анисимов И.Г., Бадыштова К.М., Бнатов С.А.. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник: / Под ред. В.М. Школьников. Изд. 2-е перераб. И доп. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
- 4) Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. М.: 2-е изд., перераб. — Л.: Химия, 1985 — 312 с.
- 5) Рудник Л.Р. Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение / Л.Н Рудник; пер. с англ. под ред. А.М. Данилова. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2013. – 928 с.
- 6) Безбородов, Ю.Н. Методы контроля и диагностики эксплуатационных свойств смазочных масел по параметрам термоокислительной стабильности / Безбородова Ю.Н; дис. д-ра. техн. наук. – Красноярск, 2009. – С. 65.
- 7) ГОСТ 23175-78. Масла моторные. Метод оценки моторных свойств и определение термоокислительной стабильности. – М.: Стандартинформ, 2007.
- 8) ГОСТ 11063-2020. Масла моторные с присадками. Метод определения стабильности по индукционному периоду осадкообразования. – М.: Стандартинформ, 2016.
- 9) Уэндландт У. Термические методы анализа /У. Уэндландт; пер. с англ. под ред. В. А. Степанова и В. А. Берштейна. – М.: Мир, 1978. – 526 с.
- 10) Нифталиев С.И., Кузнецова И.В., Лыгина Л.В., Саранов И.А. Термический анализ (теория и практика). Учебное пособие. – Воронеж: Изд. ВГУИТ, 2018 – 56 с.

11) Principles and Applications of Thermal Analysis / edited by Paul Gabbott. – 1st ed. 2008, Blackwell Publishing Ltd. p. 484.

12) Liston T.V. Engine Lubricant Additives, What They Are and How They Workю. – Lubr. Engr. – 1992. – V. 48 (5). – P. 389–397

13) Годевский В. А., Парфенюк В. И., Тесакова М. В. Влияние добавок ультрадисперсных наноразмерных медьсодержащих порошков на трибологические свойства промышленных смазок // Электронная обработка материалов. Учебное пособие. – У: Изд. БГУ, 2008. – С. 56–62.

14) Быстров Д. С., Фокин А. С., Пантюшин И. В., Базалева В. В., Сырков А. Г. Влияние наноструктурированных добавок металлов на антифрикционные свойства индустриального масла // Записки горного института. – Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет» 2009. – С. 227–230

15) Савенкова, М.А., Повышение трибологических характеристик смазочных материалов введением присадки фосфоровольфрамата цинка. Воляник С.А., Шехов В.П., Авилов В.В., Королева А.И., Сычев А.П. / М.: «Сборка в машиностроении, приборостроении», 2020. – № 9 (242). – С. 415–418.

16) Техническое описание И-20А // [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://gazpromneft-oil.ru/ru/products/plastic/i-20a>

17) Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И. Контроль термической устойчивости нанодисперсных металлов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13 (174). – С. 192–195.

18) ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. – М.: Стандартинформ, 2009. – С. 4–6.

19) ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» – М.: Стандартинформ, 2010.

20) 16 ст. 102 ТК РФ «Работа в режиме гибкого рабочего времени»
[Электронный ресурс]: – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/16ca8e656154a62822e7c92a7c0311d69356e6f8/

21) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

22) ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

23) Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. №426-ФЗ "О специальной оценке условий труда"

24) ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.

25) ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2016. – 3 с

26) СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-200.

27) ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

28) СП 52.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*

29) ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей.

30) ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

31) ГОСТ 12.1.019 – 2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

32) ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.

33) СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных,

общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

34) СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

35) ГОСТ Р 56828.42-2018. Наилучшие доступные технологии. Утилизация отработанных масел.

36) ИТС 15-2016. Утилизация и обезвреживание отходов».

37) Alahmer A. Influence of using emulsified diesel fuel on the performance and pollutants emitted from diesel engine. – Energy Convers. Manag. – 2013. – P. 361–369

38) Koblinlinski P., Philpot S.R. Mechanisms of heat flow in suspensions of nano-sized particles. – Powder Technol. – 2019. – P. 717–727

39) Castanos B. Novel carbon nanotori additives for lubricants with superior anti-wear and extreme pressure properties. – Tribol. Int. – 2019. – P. 488–495

40) Dai W., Kheireddin B. Roles of nanoparticles in oil lubrication. – Tribol. Int.– 2016. – P. 88–98

Приложение II

(справочное)

Effect of metal nano- and micropowders on the thermal properties of industrial oil

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ11	Соловьев Никита Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Устюжанина Анна Константиновна	к.ф.н		

1. Introduction

Engine oils perform several functions such as decrease friction and wear, heat dissipation, critical areas sealing and many more properties essential to the proper operation of engines [37].

The liquid cooling system achieves the cooling for the cylinder head and cylinder liners. However, piston ring/liner contact, piston undercrown, crankshaft, cam/follower, valve train, gears and bearings are directly depending on the lube oil for the cooling. Increasing heat levels that exceed 250 °C temperature at piston ring/cylinder liner contact in vehicle engines lead to several problems such as accelerated decomposition of base oil and additives, viscosity-index improvers shearing down more rapidly, increasing volatility, rupture of oil tribofilms that formed on the rubbing surfaces, accelerated wear and reducing the operating life of oil filters [38].

Therefore, it is vital for improving the thermal behavior of engine oil for reducing total frictional losses and fuel economy that become the major research aspect in the performance of vehicle engines.

Nanotechnology applications in thermal systems led to producing novel types of heat transfer of metal powders with high performance. Nanomaterials are a class of materials that present unique characteristics compared with the same material in the bulk scale. Over the past few years, the experimental investigations focused on the development of nano-additives to accomplish the desirable tribological properties of lube oils.

The oxidation owing to oil temperature is responsible for several lubrication problems such as increased viscosity, depletion of the additive, and increasing the acidity [39]. The oxidation process happens in three steps which are the depletion of anti-wear and anti-oxidant additives, followed by oxidative degradation of the oil, then a rise in the viscosity of the lube oil due to polymerization [40]. The increase in oil temperatures within oil sump leads to lube oil degradation.

The effect of metal powders on the thermal resistance of mineral oils remains poorly understood, making research in this area all the more important.

2. Experimental part

2.1. Materials

Industrial oil I-20A was selected (figure 1), which has a low proportion of additives in its composition.



Figure 1 – Industrial oil I-20A

The values for the characteristics of industrial oil I-20A required to maintain the most efficient operation are shown in Table 1.

Table 1 – Characteristics of industrial oil grade I-20A

Indicator	Unit	Value
Density at 20°C	kg/m ³	0,89
Viscosity at 40°C	mm ² /s	29,0-35,0
Flash point in open crucible	°C	+200
Temperature range	°C	–15 до +35

Nanopowders of aluminium, iron have been produced by electrically exploding conductors.

Based on the X-ray phase analysis in the nanodispersed metals of iron and aluminium only the metal phase takes place, while the oxide phases were not recorded as they are X-ray amorphous.

Scanning electron microscopy (Figure 2, a), showed that aluminium particles have different diameters as ~50 nm and up to ~200 nm, but most have a diameter of ~100 nm. Some agglomerates are sintered and the bulk of the particles are close to spherical shape.

The investigated iron nanopowder is characterized by high dispersion with spherical particles (Figure 2, b).

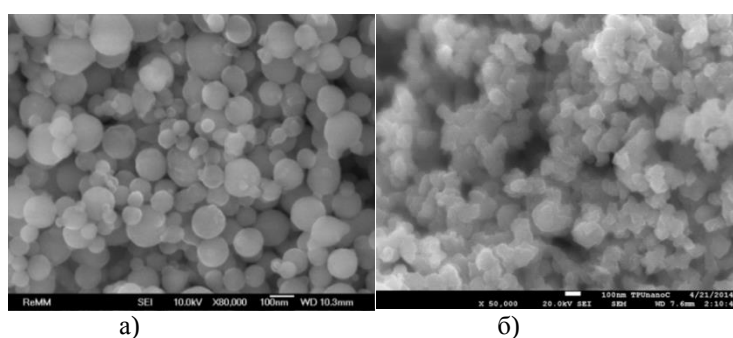


Figure 2 - Micrographs of aluminium (a) and iron (b) nanopowders

The study also used aluminium micropowder, which is a powder with a particle size of 1 to 10 μm . It is a light and strong material and is highly resistant to corrosion due to a passive oxide film. It has a high reactivity.

2.2. Experimental method

Identification of materials and assessment of their fire hazard is based on the thermal analysis method in accordance with GOST R 53293-2009.

Thermal analysis is a research method that allows the thermal properties of various materials to be studied. Thermal analysis allows the study of thermal transitions associated with changes in the state of materials during heating or cooling, as well as to determine their physical and chemical properties.

Thermal analysis was carried out with a STA 449 F1 Jupiter, which consists of a measuring unit, thermostat, system controller, power supply and computer.

The measuring unit consisted of a thermal balance, furnace, elevator, sample holder and gas outlet valve. The unit is shown in the figure 3.



Figure 3 – STA 449 F1 Jupiter Comprehensive Thermal Analysis Unit

The furnace in the instrument is hermetically sealed. During the experiment, the emitted gases are collected without losses and sent to an attachment, which is interlocked with the apparatus, for mass spectrometric analysis.

Thermal stability tests of the samples were carried out in a linear heating mode (10 °C/min) in an air atmosphere in the temperature range 20...600 °C.

2.3. Experiment site

The experiment was carried out on the basis of the Federal State Forensic Expert Institution of the Federal Fight-Fighting Service, “Test Fire Laboratory” in Tomsk Oblast.

This organization is a part of State Fire-Fighting Service which is aimed at:

- 1) carrying out forensic investigation;
- 2) professional training of experts;
- 3) conducting research in the field of relevant goal achievement.

3. Thermal analysis results

Thermal analysis was carried out on four samples: oil without nanopowders added (sample M), oil with nanopowdered aluminium (M/nAl), micropowdered aluminium (M/mAl) and iron (M/Fe). The concentration of nanopowders in the oil was 1 wt. %.

Thermal analysis was carried out in an air atmosphere in the temperature range 20-600 °C with a thermal analyzer STA 449 F1 Jupiter. The heating rate was 10 °C/minute.

The results were used to plot the temperature dependence of sample mass change (Figure 4). According to this dependence we see that decomposition of all samples begins at approximately 150 °C and ends at 500 °C. Only the addition of iron nanopowder has a noticeable effect on the character of the weight change dependence.

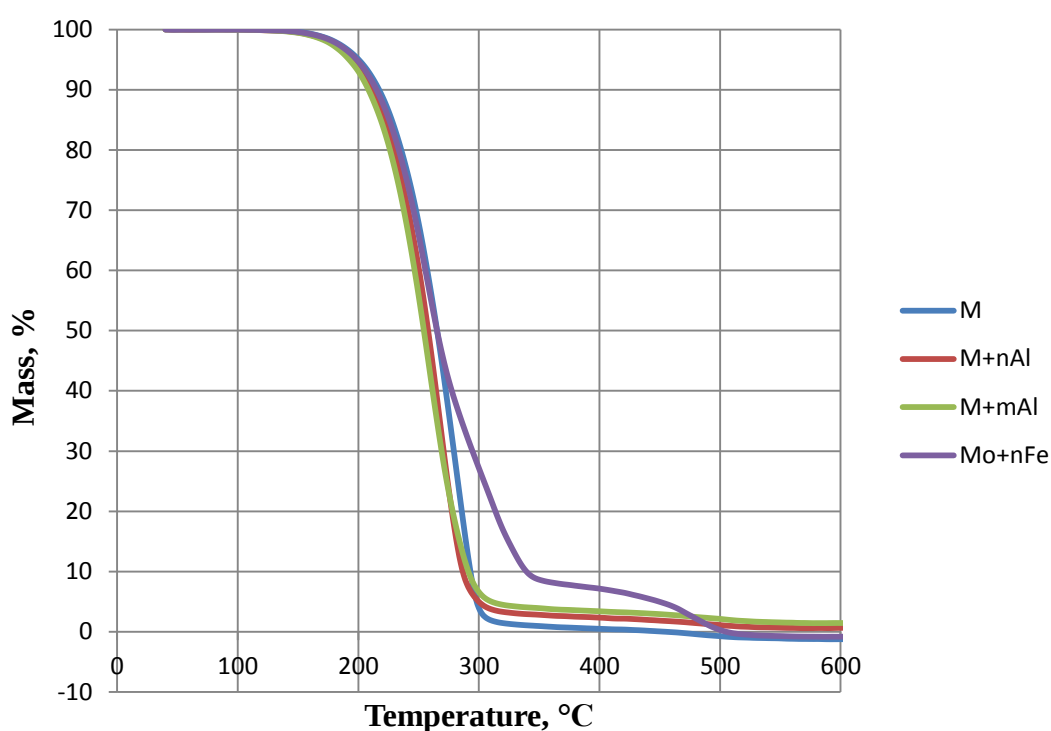


Figure 4 – Dependence of mass on heating temperature

This relationship was used to determine the main degradation parameters Table 2, i.e. the temperature at which a weight loss of 5% (T5) and 50% (T50) was observed.

Table 2 – Main destruction parameters

Sample	T5, °C	T50, °C
M	200	265
M/nAl	195	258
M/mAl	192	255
M/nFe	198	265

An analysis of the basic degradation parameters showed that the oil sample without powders and with the addition of iron nanopowder was the most resistant to temperature. The addition of aluminium nanopowder to the oil resulted in a reduction in temperature T5 by 5 °C and T50 by 7 °C compared to the original oil.

Next, the first derivative of the mass dependence on temperature (DTH) was taken, in which the dependence of the mass change rate on temperature was obtained (Figure 5).

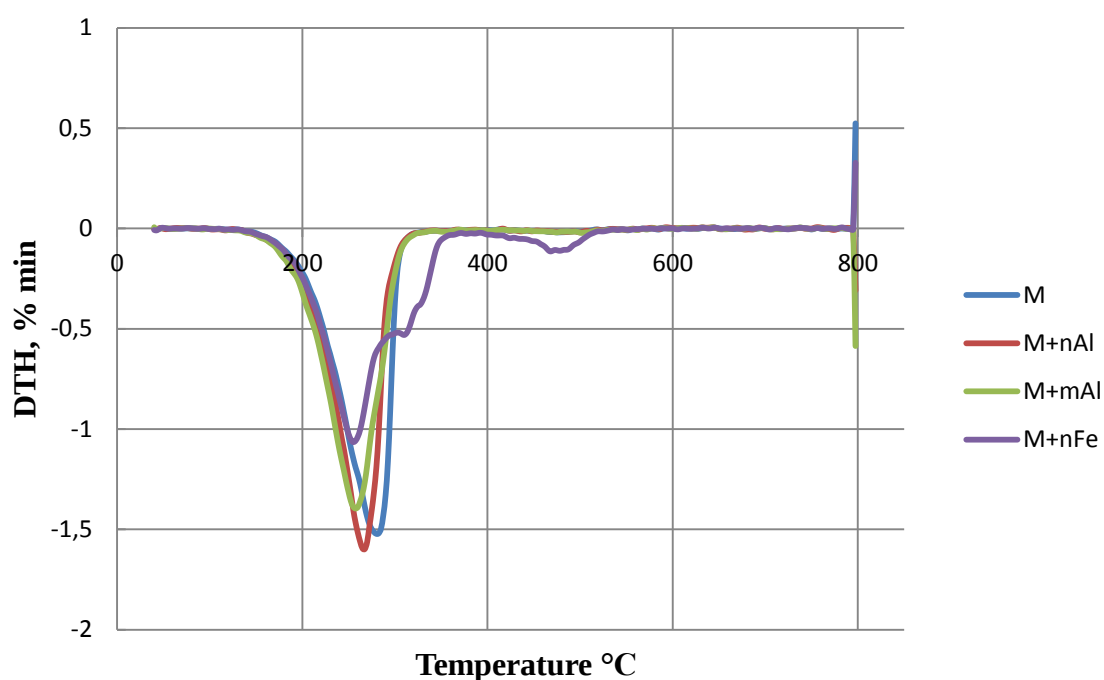


Figure 5 – Dependence of the DTG of oil samples

According to DTG data it is determined that the highest decomposition rate in the temperature range 200-400 °C has the sample M/nAl –1.6 %/°C, the lowest decomposition rate – sample M/nFe – 1%/°C. In comparison, the highest mass change rate of the pure oil sample was 1.48 %/°C.

Figure 6 shows the DSC dependencies of the oil samples studied, reflecting the thermal effects of the reactions that occur during thermal degradation.

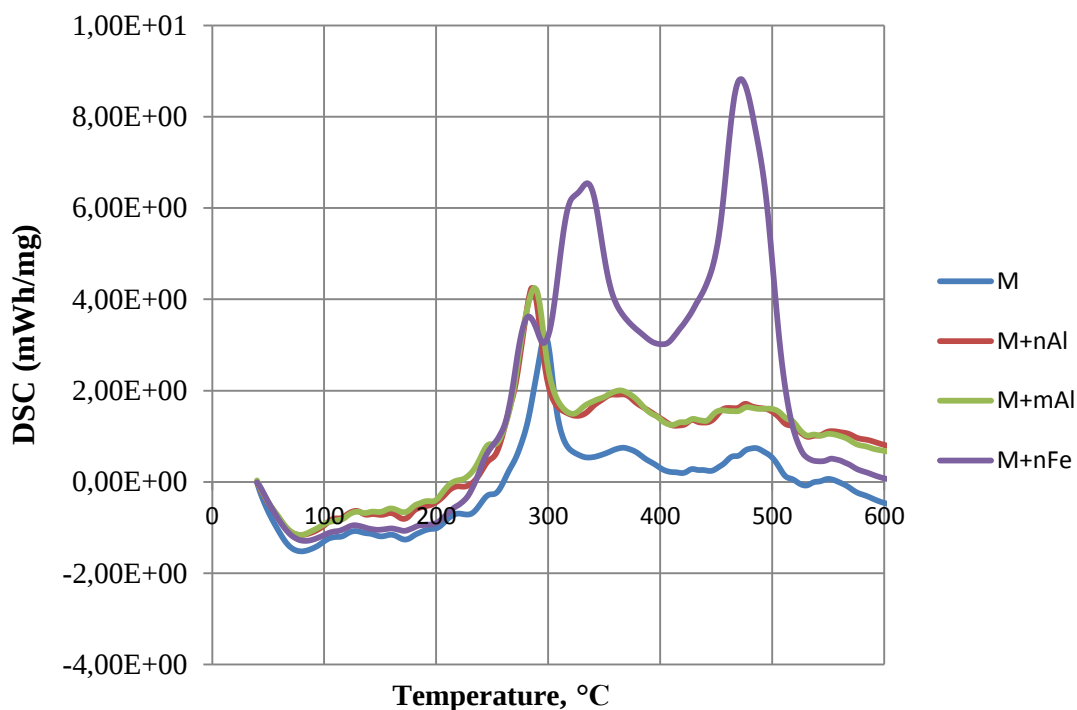


Figure 6 – Dependence of DSC of oil samples

The results of the DSC processing of the dependencies are summarised in Table 3.

Table 5 – Maximums of DSC curves

Sample	DSC, mWh/mg	Temperature, °C
M	3,07	287,5
M/nAl	4,25	282,5
M/mAl	4,25	282,5
M/nFe	6,54 и 8,79	322,5 и 467,5

4. Summary

In this work the effect of nano- and micropowders of metals on the thermal properties of industrial oil was investigated.

The heating behaviour of oil suspensions with nano- and micropowders of aluminium is not significantly different from the original industrial oil. The most significant influence is represented by iron nanopowder, as it is able to reduce the rate of decomposition of industrial oil when exposed to high temperatures.

Thus, the data obtained show that nanodispersed powders can be used as additives.

The data obtained show that nanodisperse powders can be used as additives for industrial oils, but in order to provide more accurate results, thermal analysis of the nanopowders themselves must be carried out and analyzed.