

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла

УДК 614.841.41:621.866

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Соловьев Никита Николаевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Жиронкин С. А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Соловьеву Никите Николаевичу

Тема работы:

Исследование влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 22.01.2021 №22-73/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2021 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – моторное масло. Литературные данные, статьи, методические указания по определению температуры вспышки, термического анализа моторного масла.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	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».
Перечень графического материала	Таблицы, рисунки исследуемых образцов, графики полученных значений термического анализа.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н		04.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Соловьев Никита Николаевич		04.02.2021 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2021	Обзор литературных данных, изготовление образцов моторного масла	20
27.03.2021	Изучение методики определения температуры вспышки, термического анализа	10
08.04.2021	Проведение экспериментальных исследований	15
22.04.2021	Обработка результатов экспериментов	15
15.05.2021	Анализ результатов экспериментов	10
20.04.2021	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко О.Б.			04.02.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Соловьеву Никите Николаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторных масел</i>

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>График проведения НИИ</i> 4. <i>Определение бюджета НИИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>
--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Жиронкин Сергей Александрович	Доктор экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Соловьев Никита Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Соловьеву Никите Николаевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Исследование влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Исследование проводится в учебной лаборатории №608 18-го корпуса. Отделение контроля и диагностики. Работа выполняется на аппарате ТВО-ПХП. Область применения: исследование термической устойчивости моторного масла.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; • Недостаточная освещенность; • Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; • Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<p>Рассмотреть, как продукты разложения моторного масла влияют на окружающую среду и утилизация отработанного масла.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p>

разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	Приведен перечень НТД

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Соловьев Никита Николаевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 77 страниц, 12 рисунков, 27 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: моторное масло, нанодисперсные металлы, нанопорошки, пожароопасность, горючесть, температура вспышки, термический анализ.

Объектом исследования является моторное масло.

Цель работы – исследовать влияние нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла путем добавление 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 моторного масла.

В результате исследования получены значения температуры вспышки и термических свойств подготовленных образцов. Подтверждена выдвинутая гипотеза.

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

Область применения: исследования в сфере пожаробезопасности.

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.

Старение масла: Совокупность изменений свойств масла при его работе.

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

Список используемых сокращений:

ГЖ – горючая жидкость

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкость

НП – нанопорошки

T_{всп} – температура вспышки

ЧС – чрезвычайная ситуация

РФА – рентгенофазовый анализ

ТГ – термогравиметрический анализ

ДСК – дифференциально-сканирующая калориметрия

НТИ – научно-техническое исследование

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	15
1.1 Промышленные масла, их виды и назначение	15
1.2 Температура вспышки как показатель горючести жидкостей	17
1.3 Моторные масла, их назначения и показатели для оценки свойств	20
1.4 Присадки к смазочным маслам.....	23
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	25
2.1 Материалы	25
2.2 Термический анализ.....	27
2.3 Определение температуры вспышки	29
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	31
3.1 Результаты термического анализа.....	31
3.2 Результаты определения температуры вспышки.....	35
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	38
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	38
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	40
4.1.3 SWOT-анализ.....	41
4.2. Планирование научно-исследовательской работы	44
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	44
4.2.2. Определение трудоемкости работ	45
4.3 Разработка графика проведения научного исследования	49
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	52
4.4.1. Расчет материальных затрат НТИ	52
4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	53
4.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	54
4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды	55
4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	55
4.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56
4.5.1. Оценка социальной эффективности исследования.....	56
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	58
5.1 Производственная безопасность.....	58
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	58
5.1.2 Микроклимат.....	59

5.1.3 Освещенность.....	61
5.1.4. Шум.....	62
5.1.5 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны.....	64
5.1.6 Поражение электрическим током.....	66
5.1.7 Пожаробезопасность.....	68
5.2 Экологическая безопасность.....	70
5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	70
5.2.1.1 Влияние на атмосферу.....	70
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
Список использованных источников.....	75

ВВЕДЕНИЕ

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.

К современным смазочным материалам 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. Промышленные масла относятся к классу смазочных материалов, классификация которых зависит от метода получения и предназначения масла. Так, масла моторные, используются для двигателей внутреннего сгорания. Одним из свойств, ограничивающих область применения промышленных масел, является их повышенная пожароопасность. Вследствие этого значимым физико-химическим показателем смазочных материалов является температура вспышки, которая характеризует горючесть данных материалов и определяет условия эксплуатации оборудования.

Для улучшения эксплуатационных свойств в моторные масла добавляют различные присадки, в том числе нанодисперсные порошки металлов. Однако на качество моторного масла при эксплуатации также оказывают влияние негативное абразивные материалы – частички пыли, грязи, а также частицы металла, образующиеся в процессе трения деталей двигателя. Снижение температуры вспышки масла под влиянием примесей может с высокой вероятностью привести к пожару или ухудшению эксплуатационных свойств масла.

Ряд исследований посвящен проблеме старения масла в процессе эксплуатации, в том числе показано, что температура вспышки масел снижается при старении. Работ по исследованию влияния нанодисперсных металлов на показатели горючести моторного масла нет. Тем самым подтверждается актуальность исследований по изучению влияния на температуру вспышки нанодисперсных

металлов с целью снижения вероятности происхождения возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Объектом исследования является моторное масло.

Предмет исследования – влияние нанопорошков металлов на термические свойства моторного масла.

Цель работы – исследовать влияние нанодисперсных металлов на термические свойства 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 моторного масла с добавлением нанодисперсных металлов.

3) Оценить влияние нанодисперсных металлов на процесс термоокислительной деструкции моторного масла при нагревании с помощью термического анализа.

4) Оценить влияние нанодисперсных металлов на температуру вспышки моторного масла.

Гипотеза исследования – нанопорошки металлов, при использовании их как присадки для моторных масел могут понижать горючесть данных масел.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Промышленные масла, их виды и назначение

Промышленные масла – это смазочные материалы, применяемые в различных сферах производства, эксплуатации машин и механизмов. Виды промышленных масел напрямую зависят от того, каким методом они получены и от того, где будет использоваться.

По методу получения масла подразделяются:

- 5) Синтетические
- 6) Минеральные
- 7) Полусинтетические

Синтетические масла получают методом глубокой перегонки из нефтисырца, при этом обработку проходит каждая молекула индивидуально, для получения необходимых свойств. Данное масло по-своему способу получения является дорогостоящим продуктом, поэтому используется в основном на ответственных механизмах, которые отвечают за работу всей машины.

Минеральное масло – это конечный продукт дистилляции нефти со специальной обработкой. Данное масло ничуть не хуже синтетического, единственное, что данное масло нельзя использовать при температуре ниже 20°C, но и цена и этого продукта гораздо выгоднее.

Полусинтетическое масло обладает всеми лучшими характеристиками синтетического и минерального масла, так как представляет собой смешение данных двух масел и при этом имеет отличные температурные показатели применения и более низкую цену.

Предназначение промышленных масел

По своему предназначению промышленные масла можно классифицировать так:

- 1) Моторные
- 2) Трансмиссионные
- 3) Гидравлические

4) Индустриальные

Каждое из данных масел должно обладать определенными качественными характеристиками, так:

Масла моторные, широко используются в любых двигателях внутреннего сгорания. Моторное масло выполняет важную функцию двигателя – это надежность его работы, так как во время его эксплуатации на него воздействуют механико-термические и химические воздействия, поэтому его свойствам уделяется большое внимание.

Моторное масло должно обладать рядом физико-химических (плотность, вязкость, теплопроводность, химический состав и другие) и эксплуатационных свойств (надежность, экономичность и экологичность) [1].

1.2 Температура вспышки как показатель горючести жидкостей

Промышленные масла склонны к воздействию высоких температур при эксплуатации, при этом одним из свойств ограничивающих область применения промышленных масел является их повышенная пожароопасность.

Согласно ГОСТ 12.1.044-2018 к горючим жидкостям (ГЖ) относятся жидкости, способные к самовозгоранию, возгоранию при внешнем иницировании, огневом воздействии, продолжающие процесс горения при его устранении [2].

ГЖ с температурой вспышки ниже 61°C в закрытом или 66°C в открытом тигле относится к легковоспламеняющимся жидкостям (ЛВЖ). Исходя из вышеперечисленных определений, можно говорить о том, что температура вспышки является первым показателем пожароопасности ГЖ, которую можно отнести к термическим свойствам смазочных материалов.

По своему определению температура вспышки подразумевает самую низкую температуру горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары или, газы способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для возникновения устойчивого горения.

В таблице 1 приведены классы веществ по температуре вспышки. Согласно данной классификации промышленные масла относятся к классу 4, с температурой вспышки более 120°C . У каждой горючей и легковоспламеняющейся жидкости есть справочная температура вспышки. Приведем примеры таких жидкостей, согласно справочнику Корольченко [3]:

- 1) Масло авиационное МК-22: $T_{\text{всп}} = 260^{\circ}\text{C}$
- 2) Масло генераторное тяжелое: $T_{\text{всп}} = 112-182^{\circ}\text{C}$
- 3) Масло “Л” для высокоскоростных механизмов (велосит): $T_{\text{всп}} = 129^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1 – Классы веществ по температуре вспышке

Признак классификации			Значение температуры вспышки паров, °С
Класс	Температура вспышки паров, °С	Наименование нефтепродукта	
Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ)			
I	До +28 включительно	Бензины автомобильные	Ниже 0
		Бензины авиационные	Ниже 0
II	От +29 до +61 включительно	Бензин-растворитель (уайт-спирит)	30
		Дизельное топливо А	35
		З	40
		ДЗп-15/-25	40
Горючие жидкости			
III	От +62 до 120 включительно	Дизельное топливо Л;	62
		с присадкой ВЭМС	65
		Топливо моторное ДТ	85
		Топливо моторное ДМ	120
		Этиленгликоль	
IV	Свыше +120	Масла моторные, трансмиссионные, и др.	Свыше 120

В настоящее время проведено определенное количество научных работ по исследованию температуры вспышки. Большинство данных работ направлены на исследование температуры вспышки в зависимости от объема исследуемого продукта, скорости нагревания. Так, Г.В. Шувалов [4] в своей работе сделал вывод о том, что температура вспышки не зависит от объема исследуемой ГЖ (рисунок 1).

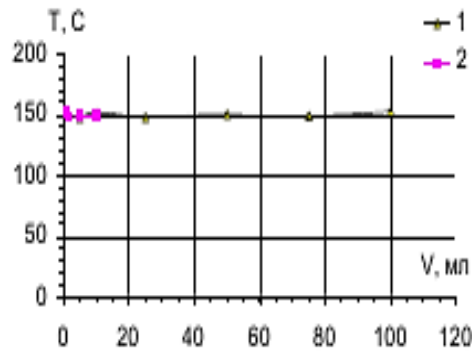


Рисунок 1 – Зависимость температуры вспышки от объема нагреваемой ГЖ

Также была исследована закономерность изменения температуры вспышки от скорости нагревания масла (рисунок 2):

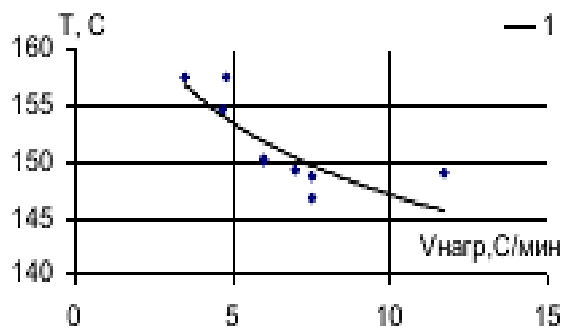


Рисунок 2 – Зависимость температуры вспышки от скорости нагревания ГЖ

В результате было выяснено, что увеличение скорости нагрева масла может приводить к возрастанию интенсивности тепловой конвекции, что приводит к уменьшению температуры вспышки масла.

Работ по исследованию влияния нанодисперсных металлов на показатели горючести, а именно температуру вспышки масел нет. Тем самым подтверждается актуальность исследований по изучению влияния на температуру вспышки нанодисперсных металлов с целью снижения вероятности происхождения возможных ЧС.

1.3 Моторные масла, их назначения и показатели для оценки свойств

Современное моторное масло подразумевает под собой коллоидный раствор, состоящий базовой (нефтяной) или синтетической основы, и огромного спектра функциональных присадок, которые в свою очередь обеспечивают основные технические свойства моторных масел.

Моторные масла снижают трение в движущихся поверхностях, при этом обеспечивают отвод загрязнений и других абразивных частиц от движущихся частей. Во время работы в ДВС масла имеют склонность к термической и окислительной деградации, так как на него воздействуют довольно высокие температуры (примерно 800 °С в стенках цилиндров) и давлений (до примерно 68 атмосфер в подшипниках) в воздушной среде [5].

Каждый завод-изготовитель в своем смазочном материале дает техническое описание, в котором указаны основные физико-химические параметры, являющиеся основными свойствами моторного масла.

Проведем анализ основных показателей качества моторных масел:

Вязкость – один из самых приоритетных показателей качества смазочного (моторного) масла. От данного показателя зависит ряд физико-химических параметров, таких как грузоподъемность масляной пленки, потеря энергии, а также несущая способность в условиях трения скольжения, сохранять несущую способность. Также установлено, что при понижении температуры масла, показатель вязкости довольно резко увеличивается, что приводит к увеличению потери мощности в узлах трения [6, 7].

Плотность – показатель, который определяют эксплуатационные свойства масел. При продаже масла потребителям объёмные единицы с помощью этого показателя пересчитывают в весовые.

Температура вспышки характеризует наличие в масле легколетучих компонентов, которые необходимы для образования воспламеняющейся смеси с воздухом. Она дает представление о потерях масла в процессе его работы. Благодаря

этому показателю можно судить о степени пожарной опасности в каждом конкретном случае применения масла [8].

Температура застывания – это температура, в результате получения которой маслу характерно потеря подвижности. В то же время при достижении данной температуры, наблюдается ухудшение прокачиваемости масел.

Коксуемость – показатель, который характеризует образование твердого углеродистого остатка на поверхности детали.

Зольность – проводится опытным путем и подразумевает под собой наличие зольного остатка при сжигании навески масла, исчисляемое в процентах. Зольность показывает загрязненность масла различными неорганическими примесями и чистоту масла, при условии что оно – базовое. Производители стараются привести значения данного показателя к минимуму, так как присутствие золы в работающем масле, приводит к быстрому износу. Поэтому при содержании в свежих маслах зольности, говорить о качестве данного продукта не стоит.

Кислотное число – говорит о наличии в масле веществ, которые могут вступать в реакции со щелочами. В свою очередь кислотное число способствует увеличению вязкости и коррозионной агрессивности моторного масла.

Цвет – смотря только на данный показатель, не стоит говорить о качестве моторного масла, обычно его смотрят при оценке готового масла на заводах изготовителях. В то же время он не характеризует качество и чистоту моторного масла, так как в масла могут добавляться различные красители, именно для идентификации загрязняющих примесей, а также для быстрого определения утечки в различных механизмах. Если в маслах есть присадки, его цвет также может быть темнее.

Массовая доля фосфора, хлора, цинка, серы – по данному показателю определяют концентрации присадок по одному из основных ее элементов и характеризует массовая доля химический состав моторного масла.

Содержание механических примесей – данный показатель должен иметь самые минимальные значения примесей или вообще их не иметь, так как механические примеси в масле приводят к появлению абразивного изнашивания трущихся деталей [9].

Индекс вязкости – является степенной характеристикой изменения вязкости с областью положительных температур. Показатель имеет практическое значение: высокий индекс вязкости свидетельствует о том, что вязкость масла при высоких температурах не будет значительно уменьшаться, а низкий индекс вязкости наоборот.

Еще один показатель, характеризующий качественный показатель моторного масла – это **срок его службы**, так как в процессе работы проходят химические реакции, что изменяют его первоначальные свойства. Производитель чаще всего указывает срок службы, который измеряется во времени или километрах работы. Также можно говорить о том, что срок службы напрямую влияет на **старение масла**, которое подразумевает под собой воздействие различных факторов во время эксплуатации. Старение масла вызывается высокими термическими и динамическими нагрузками и сопровождается факторами, вызывающими глубокие физико-химические изменения свойств материала и ухудшение их эксплуатационных показателей [10].

Проведя анализ, мы видим, что температуры вспышки входит в состав основных показателей для оценки качества моторного масла, поэтому при ухудшении его свойств, также увеличивается и пожароопасность масла.

1.4 Присадки к смазочным маслам

На сегодняшний день требования к современным маслам достаточно жесткие, и для того, чтобы моторное масло соответствовало всем заявленным физико-химическим и эксплуатационным требованиям, в базовые масла добавляют от 10 до 25 % присадок, которые улучшают их свойства.

Поскольку большинство существующих смазочных материалов достигли предела своих характеристик, одной из важных научных задач является разработка новых составов смазочных материалов, которые могут обеспечить энергоэффективность в различных областях и при использовании во все более жестких условиях.

С развитием нанотехнологий, в современной трибологии, которая занимается изучением процессов трения, изнашивания и смазки, появились системы смазки на основе наноматериалов. В данной области проведено большое количество экспериментальных исследований наночастиц в качестве присадок к смазочным маслам, но многие аспекты их трибологических свойств еще плохо изучены.

На рисунке 1 показан график разработки присадок к смазочным материалам [11].

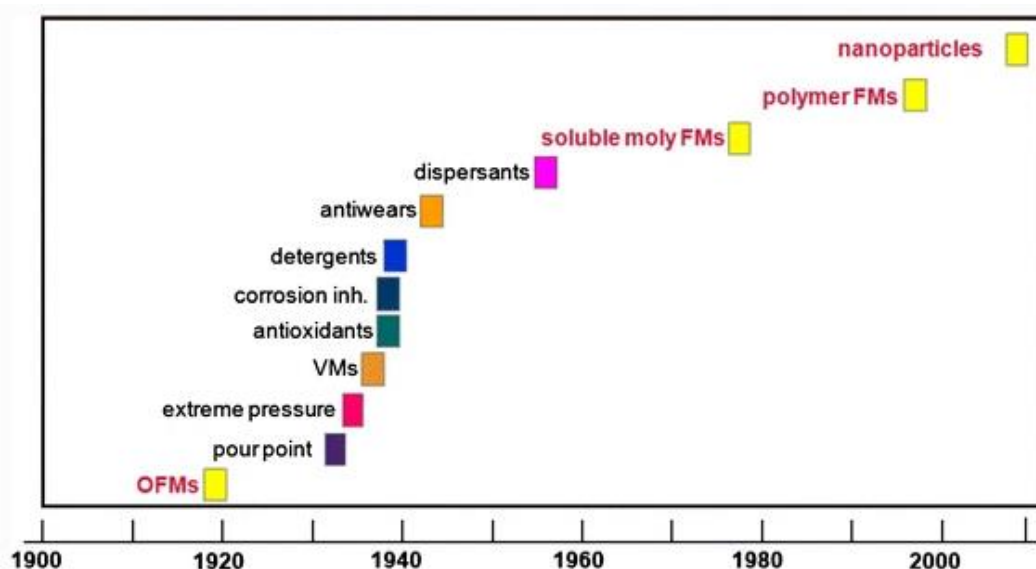


Рисунок 3 – График разработки присадок к смазочным материалам

Из рисунка 3, мы видим все виды присадок, которые добавлялись и добавляются в смазочные материалы. Как уже было сказано в нынешнее время,

большую актуальность имеют наночастицы, а именно нанодисперсные металлы, которые представляют собой твердые порошкообразные вещества искусственного происхождения, содержащие нанобъекты, агрегаты или агломераты нанобъектов либо их смесь.

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.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материалы

Масло Total Evolution 700 STI 10W-40 – высокоэффективный смазочный материал, произведенный с использованием полусинтетической технологии ELF, специально разработан для бензиновых и дизельных двигателей автомобилей, отвечая высоким требованиям последних технологий двигателей с непосредственным впрыском.

Применение: рекомендуется для всех бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей и грузопассажирских автомобилей-фургонов. Специально адаптирован к требованиям современных технологий дизельных двигателей, в частности прямого впрыска с и без аккумуляторной топливной системы высокого давления и подходит ко всем видам эксплуатации (в городе, на шоссе и автомагистралях), и наиболее экстремальным условиям (высокие температуры) [12].

Таблица 2 – Характеристики Total Evolution 700 STI 10W-40

	Метод	Единицы	Класс SAE 10W-40
Плотность при 15°C	ASTM D1298	кг/м ³	873
Вязкость при 40°C	ASTM D445	мм ² /с	96,81
Вязкость при 100°C	ASTM 445	мм ² /с	14,81
Индекс вязкости	ASTM D2270	–	160
Температура застывания	ASTM D97	°C	-24
Температура вспышки	ASTM D92	°C	232

Нанопорошки (НП) алюминия, железа и меди были получены методом электрического взрыва проводников [13].

Согласно данным рентгенофазового анализа (РФА) в НП алюминия и НП железа присутствует только фаза металла, фазы оксидов при помощи РФА не фиксируются, что связано с их рентгеноаморфностью. Результаты РФА НП меди указывают на наличие в порошке кристаллических фаз меди и оксидов меди Cu_2O и CuO . Содержание оксидных фаз в порошке обусловлено частичным окислением частиц меди непосредственно в процессе получения. Кроме того, при длительном хранении в окружающей среде наночастицы меди окисляются из-за высокой реакционной способности меди.

По данным сканирующей электронной микроскопии (рисунок 4, а) НП алюминия состоит из частиц диаметром ~ 100 нм, но в нем присутствуют частицы как большего диаметра ~ 200 нм, так и меньшего диаметра $\sim 50\dots 60$ нм. Форма частиц близка к сферической, имеются отдельные агломераты частиц, которые частично спечены. НП меди состоял из частиц меди диаметром 1–250 нм с рыхлой поверхностью и небольшим количеством более крупных частиц 1–5 мкм (рисунок 4, б). Исследуемый НП железа характеризуется высокой дисперсностью с частицами сферической формы (рисунок 4, в).

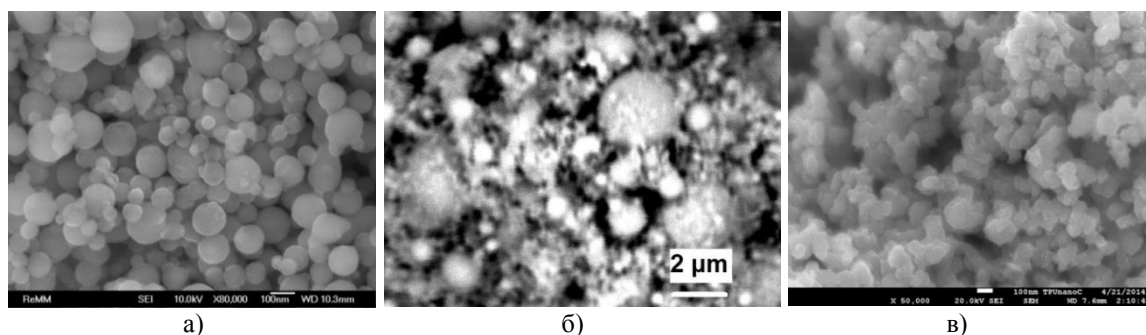


Рисунок 4 – Микрофотографии нанопорошков алюминия (а), меди (б) и железа (в)

2.2 Термический анализ

Идентификация материалов и оценка их пожарной опасности осуществляется на основании метода термического анализа в соответствии с ГОСТ Р 53293-2009 [14].

В основе методов термического анализа лежит регистрация изменения физических и химических свойств, протекающих в исследуемых образцах при их нагревании или охлаждении с определенной скоростью в атмосфере окислительной или инертной.

Термогравиметрический анализ (ТГ) основан на непрерывной регистрации изменения массы образца в зависимости от времени или температуры при нагревании в соответствии с выбранной температурной программой в заданной газовой атмосфере. Измерительная система позволяет многократно нагревать и охлаждать образец с контролируемой скоростью, а также проводить изотермические измерения [14].

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) – метод, позволяющий регистрировать энергию, необходимую для выравнивания температур исследуемого вещества и вещества, используемого в качестве эталона, в зависимости от температуры или времени [14].

Термогравиметрия по производной – метод, позволяющий получить первую или вторую производную термогравиметрической кривой по времени или температуре [14]

Термический анализ выполнен при помощи современного прибора STA 449С, который состоит из измерительного блока, блока питания, термостата, системного контроллера TASK, компьютера. В состав измерительного блока входят: термовесы, печь, подъемное устройство, держатель образца, клапан выхода газа. Современный прибор STA 449С изображен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Прибор комплексного термического анализа STA 449C

Печь прибора имеет хорошую герметизацию. При нагревании выделяющиеся газы во время анализа можно собирать без потерь и направлять их на приставку, которая заблокирована 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 $20\text{...}600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 [2].

Значение температуры вспышки исследуемого образца необходимо для разработки мероприятий обеспечению пожарной безопасности, а также определения группы горючести веществ.

Экспериментальный метод определения заключается в нагревании вещества до температуры, при которой пары, выделяющиеся на поверхности вещества, могут вспыхивать без устойчивого горения, данная температура фиксируется и считается температурой вспышки.

Для проведения эксперимента было подготовлено 4 образца, из них 3 образца содержали нанодисперсные металлы железа, меди и алюминия, с концентрацией металлов в моторном масле 0,07 масс. %.

Испытания проводили согласно методике ГОСТ 12.1.044-2018, на установке ПРОМХИМПРИБОР Аппарат ТВО-ПХП, изображенный на рисунке 6.



Рисунок 6 – 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 термического анализа

Термический анализ проводился для четырех образцов, это масло без добавления нанопорошков (образец М), а также с добавлением меди (М/Cu), алюминия (М/Al) и железа (М/Fe). Концентрация нанопорошков в масле составляла 3 масс. %. Диапазон исследования температур составил 0–600 °С.

По полученным результатам была построена зависимость изменения массы от температуры масла (рисунок 7). Согласно данной зависимости видно, что разложение всех образцов начинается приблизительно с 170 °С и заканчивается 450 °С. На характер зависимости изменения массы заметное влияние оказывает только добавление алюминия.

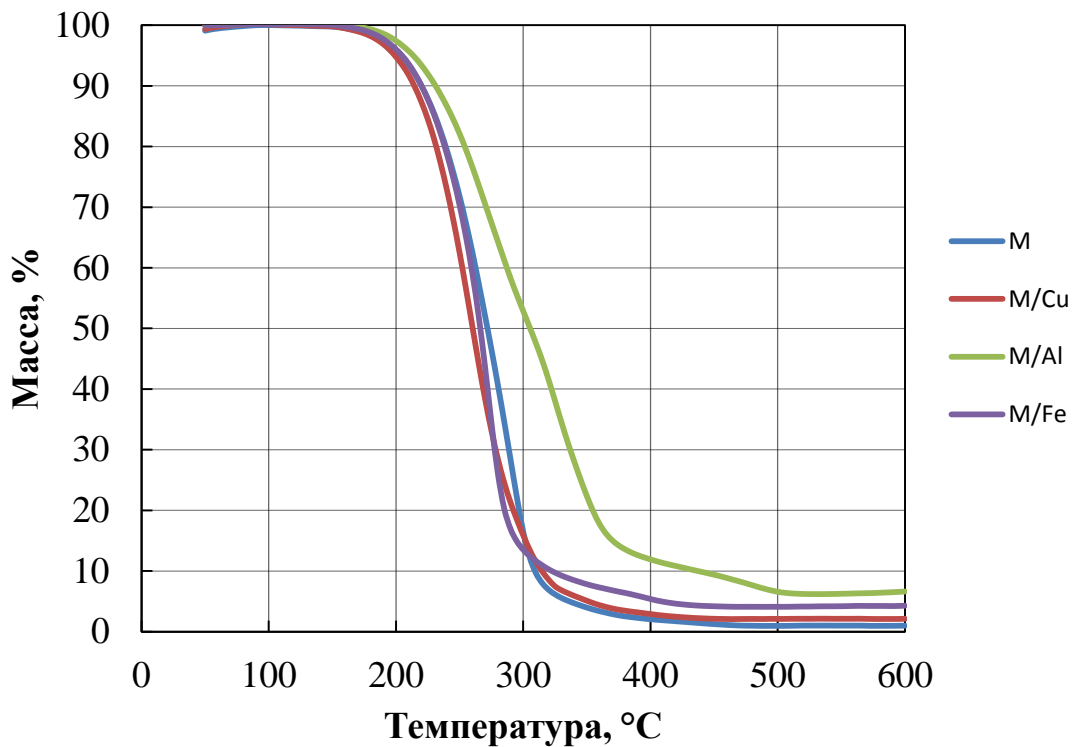


Рисунок 7 – Зависимость массы от температуры нагрева

По данной зависимости определили основные параметры деструкции, т. е. значения температуры, при которой наблюдается потеря массы в размере 5% (Т5) и 50% (Т50).

Таблица 3 – Основные параметры деструкции

Образец	T5, °C	T50, °C
M	203,9	271,9
M/Cu	199,0	260,2
M/Al	211,5	305,1
M/Fe	204,9	266,2

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

T50 – температура, при которой наблюдается потеря массы 50 %

Анализ основных параметров деструкции показал, что образец M/Al наиболее устойчив к воздействию температуры. Добавление нанопорошка алюминия в масло привело к увеличению температуры T5 на 7,6 °C и T50 – на 33 °C по сравнению с исходным маслом.

Далее была взята первая производная от зависимости массы от температуры (ДТГ), в которой была получена зависимость скорости изменения массы от температуры (рис. 4). По данным ДТГ определяем, что наибольшую скорость разложения имеет образец M/Fe – 1,84 %/°C, наименьшую скорость разложения – образец M/Al – 0,6 %/°C. Для сравнения, наибольшая скорость изменения массы образца чистого масла составила 1,17 %/°C.

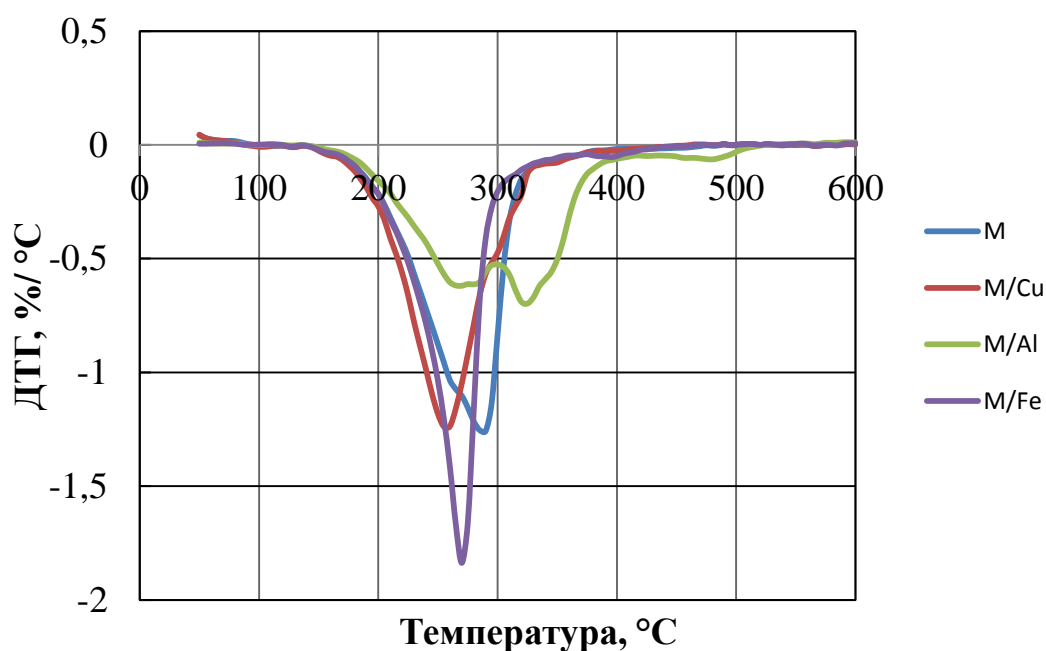


Рисунок 8 – Зависимость ДТГ образцов масла

Из полученной зависимости можно сделать вывод о том, что при добавлении в масло НП алюминия заметно уменьшается его скорость деструкции, тем самым оно более устойчиво к длительной работе при высоких температурах, а значит, может увеличиться срок его службы (т. е. увеличится время старения масла).

На рис. 5 представлены зависимости ДСК исследуемых образцов масла, отражающие тепловые эффекты реакций, происходящие при термической деструкции.

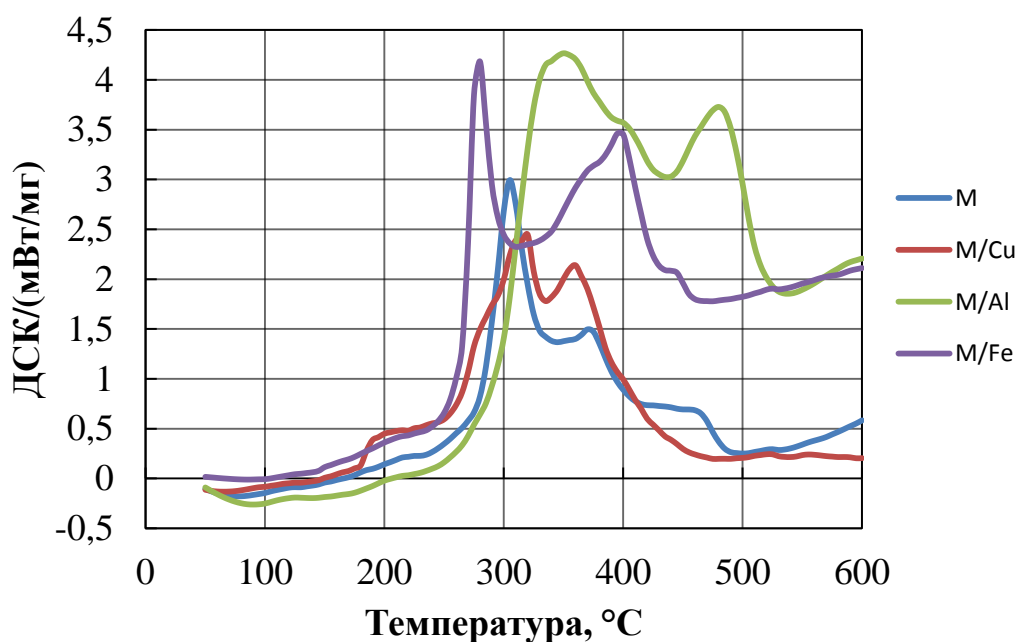


Рисунок 9 – Зависимость ДСК образцов масла

Результаты обработки ДСК зависимостей сведены в таблицу 4. Согласно этим данным, максимальная температура, соответствующая первому тепловому эффекту, увеличивается при добавлении в масло нанопорошков меди и алюминия. Введение же нанопорошков железа в масло привело к снижению этого параметра.

Таблица 4 – Максимумы кривых по ДСК

Образец	ДСК, мВт/мг	Температура, °С
М	3	305
М/Cu	2,45	320
М/Al	4,27	350
М/Fe	4,18	280

По результатам термического анализа мы видим, что добавление нанопорошка железа приводит к ускорению процесса термоокислительной деструкции, тем самым ухудшая качественные характеристики масла. Добавление нанопорошка меди слабо влияет на параметры деструкции масла, а добавление нанопорошка алюминия приводит к существенному замедлению деструкции масла при нагревании. Можно предположить, что температура вспышки – параметр, характеризующий горючесть масла – находится в зависимости от параметров термической деструкции масла. Для проверки этого предположения необходимо провести дополнительные исследования по экспериментальному определению температуры вспышки суспензий масла с нанопорошками металлов.

3.2 Результаты определения температуры вспышки

Для экспериментального определения температуры вспышки в открытом тигле для определения показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов, подготовлены образец моторного масла и образцы моторного масла с добавлением нанопорошков металлов (меди, алюминия, железа), изображенных рисунке 10.

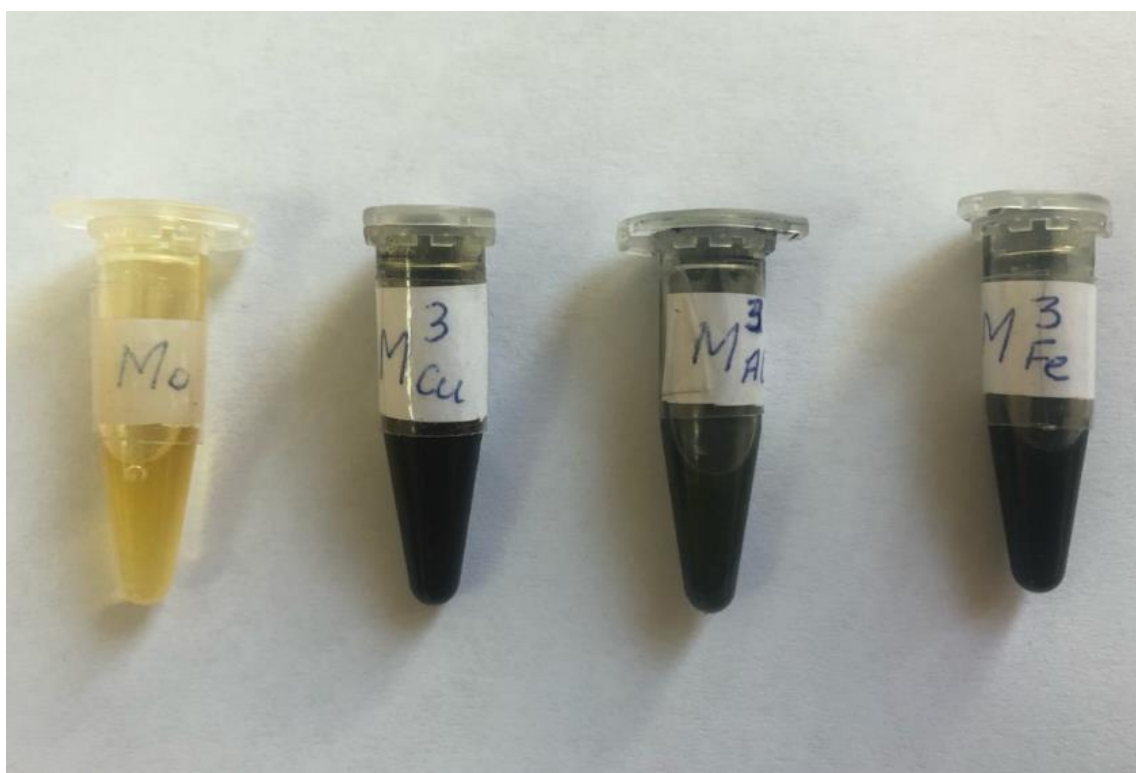


Рисунок 10 – Образцы моторного масла

Для приготовления каждой суспензии брали 50 мл моторного масла и добавляли нанодисперсные порошки металлов – меди, алюминия и железа, так что концентрация металлов в масле составляла 0,07 масс. %. Характерным отличием образцов являлся цвет суспензии, при добавлении нанодисперсных металлов в моторное масло цвет становится более темный.

Согласно методике по определению температуры вспышки в открытом тигле для горючих жидкостей, 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.

На рисунке 11 изображены суспензии в тигле с добавлением нанопорошка (слева) и без добавления (справа).

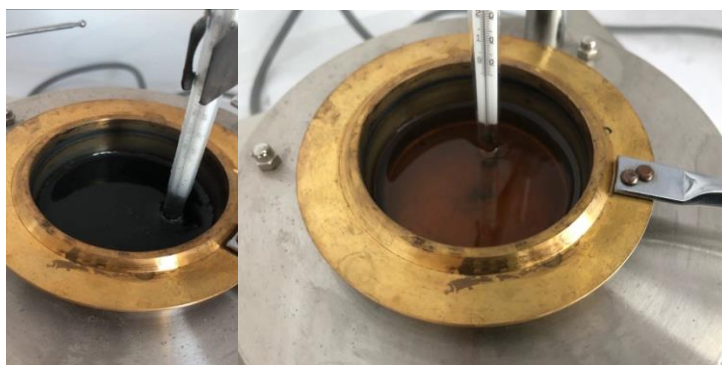


Рисунок 11 – Образцы в тигле по определению температуры вспышки в открытом тигле

В таблице 5 представлены полученные значения температуры вспышки.

Таблица 5 – Экспериментальные значения температуры вспышки в открытом тигле

Образец	Температура вспышки, °С
М	217
М/Cu	219
М/Al	222
М/Fe	215

По результатам определения температуры вспышки мы видим что, как и в термическом анализе, наихудший результат показал образец с добавлением нанопорошка железа, который согласно термическому анализу ускоряет деструкцию масла. Добавление нанопорошка меди увеличило температуру вспышки на 2 °С. А самое высокое значение температуры вспышки показал образец с добавлением нанопорошка алюминия, который, согласно данным термического анализа, привел к существенному замедлению термоокислительной деструкции масла.

Полученные значения температуры вспышки свидетельствуют о том, что нанодисперсные металлы, которые используются в качестве добавок для улучшения

эксплуатационных свойств моторных масел, влияют на пожароопасные свойства моторных масел:

1) нанопорошок алюминия замедляет термодеструкцию масла при нагревании и приводит к увеличению температуры вспышки;

2) нанопорошок железа, наоборот, ускоряет термодеструкцию масла и приводит к снижению температуры вспышки.

Следовательно, гипотеза исследования подтверждена.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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.

Одним из важных физико-химических показателей смазочных материалов является температура вспышки, которая характеризует горючесть данных материалов и определяет условия эксплуатации оборудования.

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

Целью данной работы является исследование влияния нанодисперсных металлов на показатели горючести моторных масел, термической стабильности при введении в моторное масло замедлителей горения в качестве наполнителей в высокодисперсном состоянии.

Для обозначения цели работы были сформулированы следующие задачи:

- 3) Определить потенциальных потребителей результатов исследования.

- 4) Провести анализ конкурентных технических решений.
- 5) Выполнить планирование научно-исследовательских работ.
- 6) Рассчитать бюджет научно-технического исследования (НТИ).
- 7) Оценить социальную эффективность исследования.

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

Для 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			

– моторные масла с нанодисперсными наполнителями

Анализ сегментов рынка показывает, что исследования в области пожароопасности полимеров 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 проект.

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			
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта					
	В1	+	+	+	+

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

		Слабые стороны		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта				
	В1	-	-	-

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

		Сильные стороны			
		С1	С2	С3	С4
Угрозы	У1	+	+	-	+
	У2	+	-	+	+
	У3	+	+	-	+

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

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

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

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

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

4.2. Планирование научно-исследовательской работы

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В ходе проведения работ над научно-исследовательским проектом по исследованию термоустойчивости моторного масла было проведено 6 основных этапов, составляющих структуру исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме ВКР	Студент
	3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Студент
Теоретические исследования	5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент
	6	Проведение исследования	Студент
	7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель
Практические исследования	8	Подготовка образцов к исследованию	Студент
	9	Проведение эксперимента	Студент
	10	Обработка полученных данных	Студент, научный руководитель
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Работа над выводами по проекту	Студент
	12	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель

По результатам таблицы 3.3 можно сделать вывод, что основная структура научного исследования выполнена студентом.

4.2.2. Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

$$t_{ожci} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{макси}}{5}, \quad (1)$$

где: $t_{ожci}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макси}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ожc1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.} \quad (2)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ожc2} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел.-дн.} \quad (3)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ожc3} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.} \quad (4)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел-дн.} \quad (5)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{ож5} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 12}{5} = 9 \text{ чел-дн.} \quad (6)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{ож6} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел-дн.} \quad (7)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{ож7} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел-дн.} \quad (8)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{ож8} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел-дн.} \quad (9)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{ож9} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 12}{5} = 8,4 \text{ чел-дн.} \quad (10)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{ож10} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 13}{5} = 10 \text{ чел-дн.} \quad (11)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{ож11} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 11}{5} = 8,6 \text{ чел-дн.} \quad (12)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{ож12} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = 6,6 \text{ чел-дн.} \quad (13)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{ож13} = \frac{3 \cdot 11 + 2 \cdot 14}{5} = 12,2 \text{ чел-дн.} \quad (14)$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Q_i}, \quad (15)$$

где: T_{pi} – продолжительность одной работы раб.дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

Q_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб.дн.} \quad (16)$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб.дн.} \quad (17)$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб.дн.} \quad (18)$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб.дн.} \quad (19)$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб.дн.} \quad (20)$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб.дн.} \quad (21)$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{6,2}{1} = 6 \text{ раб.дн.} \quad (22)$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб.дн.} \quad (23)$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{8,4}{1} = 8 \text{ раб.дн.} \quad (24)$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{10}{1} = 10 \text{ раб.дн.} \quad (25)$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{p11} = \frac{8,6}{1} = 9 \text{ раб.дн.} \quad (26)$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{p12} = \frac{6,6}{1} = 7 \text{ раб.дн.} \quad (27)$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{p13} = \frac{12,2}{1} = 12 \text{ раб.дн.} \quad (28)$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 9, 10,11 и 13.

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (29)$$

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (30)$$

где: $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2019 год для 6-дневной рабочей недели, количество календарных 365 дней, количество рабочих дней составляет 298 дней, кол-во выходных и праздничных дней – 67, таким образом, коэффициент календарности в 2021 году составил: $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Все рассчитанные значения отображены в таблице 10. После заполнения таблицы 21 строим календарный план-график (таблица 11). График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени написания диплома (10 дней). При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители T_{ci}	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} чел-дни	t_{max} чел-дни	$t_{ож}$ чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Научный руководитель	2	2
Календарное планирование работ по теме ВКР	2	3	2,4	Студент	2	2
Поиск и изучение материалов по теме	3	6	4,2	Студент	4	5
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Студент	1	1
Проведение анализа литературы по теме ВКР	7	12	9	Студент	9	11
Проведение исследования	5	10	7	Студент	7	9
Согласование полученных данных с научным руководителем	5	8	6,2	Студент, научный руководитель	6	7
Подготовка образцов к исследованию	1	3	1,8	Студент	2	2
Проведение эксперимента	6	12	8,4	Студент	8	10
Обработка полученных данных	8	13	10	Студент, научный руководитель	10	12
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7	11	8,6	Студент	9	11
Работа над выводами по проекту	5	9	6,6	Студент	7	9
Оценка эффективности полученных результатов	11	14	12,2	Студент, научный руководитель	12	15

Таблица 16 – Календарный план-график по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ										
				март			апрель			май			июнь	
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2	■										
2	Календарное планирование работ по теме ВКР	Студент	2		■									
3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	5		■									
4	Выбор направления исследований	Студент	1		■									
5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент	11		■	■								
6	Проведение исследования	Студент	9			■	■							
7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель	7				■	■						
8	Подготовка образцов к исследованию	Студент	2					■						
9	Проведение эксперимента	Студент	10						■	■				
10	Обработка полученных данных	Студент, научный руководитель	12								■	■		
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	11									■	■	
12	Работа над выводами по проекту	Студент	9										■	■
13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель	15											■

■ – студент ■ – научный руководитель

4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (31)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, используемых для научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при научном исследовании (шт. кг, м, м²);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результат материальных затрат представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Ручка	шт.	3	30	90
Бумага офисная	лист	150	1	150
Канцелярские принадлежности	набор	1	250	250
Интернет	М/бит	3	350	1050
Картридж	шт.	1	700	700
Итого:				2240

4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает расчет оплаты труда научному руководителю и студенту, а также ежемесячно выплачиваемой премии в размере 12-20% от оклада. Согласно приказу ректора ТПУ ежемесячный оклад для профессора со степенью доктора наук составляет 47104 рублей без районного коэффициента (РК=1.3). Таким образом, заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (32)$$

где: $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (33)$$

где: T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (34)$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Расчет баланса рабочего времени представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
-выходные дни	13	13
-праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	24
-отпуск	-	-
-невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	252	276

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (35)$$

где: Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{mc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный для г. Томска – 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	разряд	k_T	$Z_{ТС}$, руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	ДН	–	47100	0,3	0,2	1,3	91845	4359,4	20	87188
Студент	–	–	1800	–	–	1,3	2340	97,5	54	5265
Итого:										92453

4.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (36)$$

где: $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{донP} = 87188 \cdot 0,12 = 10462,6 \text{ руб.} \quad (37)$$

$$Z_{донC} = 5265 \cdot 0,12 = 631,8 \text{ руб.} \quad (38)$$

4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон}), \quad (39)$$

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На основании пункта 6 части 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность с 2021 года водится пониженная ставка – 28 %. В таблице 20 приведены данные расчета отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 20 – Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	87 188	10 462,6
Студент	5265	631,8
Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды	28% = 0,28	
Итого	10 542	1651

4.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат НИР 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. Результаты расчета бюджета затрат НИИ приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %
Материальные затраты НИИ	2240	2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	92 453	78,3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11094,4	9,4
Отчисления во внебюджетные фонды	12 193	10,3
Бюджет затрат НИИ	117 980	100

Итого, общий бюджет затрат составляет 117 980 рублей. Основную его долю составили затраты по основной заработной плате (78,3%) и отчисления во внебюджетные фонды (10,3%). Наименьшую долю затрат составили материальные затраты НИИ (2%).

4.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.5.1. Оценка социальной эффективности исследования

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в 49 смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. Данная работа эффективна в первую очередь потому, что любые инновационные исследования в области пожаробезопасности имеют большой потенциал в будущем применении. Результаты исследования влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторных масел могут

применены во многих областях, таких как производство этих смазочных масел, а также научно-исследовательские испытания пожароопасности.

По окончании раздела выполнено:

- 1) определение потенциальных потребителей результатов исследования;
- 2) анализ конкурентных технических решений;
- 3) планирование научно-технического исследования (исследование состоит из 13 основных этапов).

Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта. Определен бюджет научно-исследовательской работы, он составил 117 980 руб.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Целью раздела «Социальная ответственность» является выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих на объекте, в данном случае лаборатория №608 учебного корпуса №18 ТПУ, 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.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

В данном разделе рассматривается учебная лаборатория, 18-го корпуса ТПУ, №608, в котором проводится исследование влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла. При исследовании моторного масла в лаборатории используется следующее оборудование: установка по определению температуры вспышки, лабораторные весы.

При проведении эксперимента по определению термоустойчивости моторного масла работники лаборатории могут подвергаться вредным и опасным факторам. Подробное описание представлено в таблице 22. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015[17], существует классификация вредных и опасных факторов при выполнении работ.

Таблица 22 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015	Этапы работ		Нормативные документы
	Изготовление образцов	Проведение эксперимента	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	1) СанПиН 2.2.4.548-96, 2) СП 52.13330.2016, 3) ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, 4) СанПиН 1.2.3685-21, 5) Р 2.2.2006-05, 6) ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, 7) ГОСТ 12.1.019-2017, 8) СНиП 21-01-97,
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	
Шум	+	+	
Повышенная загазованность воздуха РЗ		+	
Поражение электрическим током		+	
Пожарная опасность		+	

5.1.2 Микроклимат

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения. Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в

рабочей зоне помещения, в соответствии с «СанПиН 2.2.4.548–96[18]. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, представленным в таблице 23.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб* (140 - 174)	21 - 23	60 - 40	0.1
Теплый	Іб (140 - 174)	22 - 24	60 - 40	0.1

* К категории Іб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением

Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, представленным в таблице 24.

Таблица 24 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб (140 - 174)	19-24	15-75	0.1-0.2
Теплый		20-28	15-75	0,1-0,3

Учитывая специфику региона, где находится рассматриваемая лаборатория, следует учесть большие перепады температуры окружающей

среды (от минус 40 в зимнее и до плюс 35 градусов в летнее время). В связи с этим необходимо обеспечить наличие оптимальной теплоизоляции лаборатории, а в летнее время – оборудовать помещение кондиционерами.

5.1.3 Освещенность

СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» – определяет нормы освещенности для лабораторий[19]. В таблице 25 определены нормы освещенности для лабораторий.

Таблица 25 – Нормативные показатели освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий

Помещения	Плоскость (Г-горизонтальная, В-вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение				
			Освещенность рабочих поверхностей, лк		Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации и освещенности, %, не более
			при комбинированном освещении	при общем освещении			
Лаборатории	Г-0,8	А-2	500/300	400	-	21	10

При недостаточном освещении рабочего помещения у персонала ухудшается общее самочувствие, снижается работоспособность и сопротивляемость к простудным и другим заболеваниям, также снижается зрение и внимание. Недостаток естественного освещения в лаборатории (в связи с его отсутствием в темное время суток или по другой причине) должен компенсироваться посредством искусственного общего освещения. Общая освещенность в лаборатории должна быть не менее 400 лк. Пульсации света оказывают влияние на зрительную функцию человека, а также на нервную систему. Пульсации измеряются коэффициентом пульсации света. Для лабораторий норма коэффициента пульсации составляет до 10%. Для

минимизации пульсации света применяют разнофазное подключение светильников.

5.1.4. Шум

Слух практически наравне со зрением необходим человеку, он позволяет человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями. При длительном воздействии шум вызывает ухудшение слуха или даже глухоту. Шум на рабочем месте негативно воздействует на работников: уменьшается внимание, ухудшается скорость психических реакций, растрачивается больше энергии при одинаковых физических нагрузках и т.д. А в конечном итоге значительно падает производительность труда и соответственно качество проделанной работы.

К основным источникам шума на рабочем месте менеджера по качеству в офисном помещении можно отнести компьютеры, мониторы, принтеры, кондиционер и работающие светильники люминесцентных ламп. А также шум, возникающий вне кабинета через открытые окна и двери.

ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» является нормативным документом, регламентирующим уровень шума рабочего места. Согласно ему, на рабочем месте максимальный уровень шума 80дБА, то есть категория напряженности труда легкой степени и категория тяжести труда – легкая физическая нагрузка.

Предельно допустимый уровень шума (ПДУ) – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими

частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \cdot \log_{10} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (40)$$

где: P – среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

P_0 – исходное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$

Па.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике "медленно" шумомера, определяемый по формуле:

$$L = 20 \cdot \log_{10} \cdot \frac{P_A}{P_0} \quad (41)$$

где: P_A – среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера в Па.

Таблица 26 - Предельно допустимый уровень шума рабочих местах в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд первой степени	Тяжелый труд второй степени	Тяжелый труд третьей степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-

Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-
----------------------------	----	----	---	---	---

ПДУ = 80 дБА

Мероприятия по борьбе с шумом подразделяются на организационно-технические, архитектурно-планировочные и лечебно-профилактические, а именно:

- 4) устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- 5) изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
- 6) группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделении их коридорами;
- 7) использование средств индивидуальной защиты органов слуха, которые установлены ГОСТ 12.4.011-89 – это противозумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши, специальные костюмы.
- 8) введение регламентированных дополнительных перерывов;
- 9) проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров

Уровень шума в аудитории 308, 18 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

5.1.5 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны

Загазованность воздуха может быть объяснена тем, что при сжигании моторного масла выделяется некоторое количество продуктов деструкции и горения. В таблице 27 перечислены вещества, находящиеся в воздухе рабочей зоны, при сжигании моторного масла.

Таблица 27 – Вещества, находящиеся в воздухе рабочей зоны [20]

№	Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Особенность действия
---	----------	-----------------	------------------------	----------------------

1	Углерод черный (сажа)	3	4	Обладает канцерогенными свойствами. Так как частицы меньше пяти микрон, они пагубно влияют на верхнюю дыхательную систему
2	Азота диоксид	3	2	При воздействии в крупных концентрациях приводит к заболеваниям дыхательных путей
3	Сера диоксид	3	10	Воздействует на слизистую оболочку.
4	Углерода оксид	4	20	Снижает способность гемоглобина переносить и поставлять кислород
5	Бенз(а)пирен	1	0,00015	Провоцирует развитие рака

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ вещества в воздухе рабочей зоны не должны превышать ПДК. Во избежание повышенной загазованности воздуха следует оборудовать лабораторию вентиляцией.

Индивидуальные средства защиты – спецодежда, средства защиты органов дыхания (противогазы), рук (перчатки), лица, глаз (защитные очки).

5.1.6 Поражение электрическим током

В общем случае электробезопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Правила электробезопасности регламентируются правовыми и техническими документами, нормативно-технической базой. Знание основ электробезопасности обязательно для персонала, обслуживающего электроустановки и электрооборудование.

Лаборатория относится к помещению с без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1$ А; $U < (2-36)$ В; $R_{\text{зазем}} < 4$ Ом. Установка по определению ТВ работает от источника тока, поражение электрическим током возможно только при условии несоблюдения техники безопасности или неисправности самой установки. Для предотвращения поражения электрическим током должны регулярно проводиться инструктажи по технике безопасности, а также проводиться своевременное техническое обслуживание установки.

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.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств;

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током на данном рабочем месте:

- защитное заземление ($R < 4 \text{ Ом}$);
- зануление;
- защитное отключение;
- электрическое разделение сетей разного напряжения;
- изоляция токоведущих частей;
- работник должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, боты, инструменты с изолирующими ручками, резиновый коврик, деревянная лестница, указатель напряжения).

5.1.7 Пожаробезопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория 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.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара необходимо предусмотреть:

- 1) Огнетушитель (углекислотный или жидкостный), закрепленный возле входной двери.
- 2) Открытый ящик с сухим песком и совком.
- 3) Закрывающийся ящик для использованной бумаги и промасленных тряпок. Периодически эту емкость следует очищать.
- 4) Колбы из тонкого стекла с четыреххлористым углеродом или концентрированным нашатырным спиртом. Их устанавливают возле входной двери. Колбу следует с силой метнуть в пламя при возгорании масла.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 2, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



Рисунок 12 – План эвакуации

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс проведения эксперимента не сопряжен с угрозой загрязнения окружающей среды, поэтому целесообразно рассмотреть возможные риски загрязнения природы при горении моторного масла.

5.2.1.1 Влияние на атмосферу

Основной вред окружающей среде причиняется при горении моторного масла, 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 канцерогеном.

В соответствии с СанПиН «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» на выбросы наложены ограничения. Для моторных масел это оксид углерода (IV, II), диоксид азота, серы, бенз(а)пирен.

Почти каждое соединение, образующееся при горении моторного масла, оказывает пагубное влияние на окружающую среду, в большей степени на атмосферу. CO_2 , например, является причиной парникового эффекта, CO оказывает вредный эффект на дыхательные пути людей и животных, а также нарушает работу гемоглобина. Большое количество различных веществ (таких как *диоксид серы, азота*), выделяющихся при горении, способны, реагируя с влагой воздуха, образовывать кислоты.

Основными источником загрязнения окружающей среды моторным маслом является человек. В основном это связано с самостоятельной утилизацией моторного масла – это сброс в канализацию, мусорные баки, в водные объекты.

Для защиты окружающей среды масло требует правильного хранения, для избегания пожаров и выброса вредных веществ в атмосферу, а также правильной утилизации, используя современные технологии.

Отработанное масло может быть утилизировано следующими способами:

1) **Восстановление на месте использования.** Данный способ предусматривает удаление загрязняющих веществ из отработанного масла и его повторное использование. Хотя такая форма утилизации не позволяет восстановить товарные характеристики масла, но позволяет продлить срок его эксплуатации.

2) **Отправка на нефтеперерабатывающий завод.** Данный способ предусматривает использование отработанного масла либо в качестве сырьевого материала на начальной стадии процесса, либо в качестве коксовика для производства бензина и кокса.

3) **Применение метода регенерации,** который предусматривает обработку отработанного масла, удаление загрязнений и последующим использованием его в качестве основы для нового смазочного масла. Регенерация значительно продлевает срок эксплуатации масляного ресурса. Данный способ утилизации является предпочтительным, так как наиболее экономичен.

4) **Обработка масел и сжигание для извлечения энергии.** Данный способ предусматривает удаление воды и взвешенных веществ из масла с целью соответствия требованиям для использования в качестве топлива. Способ предусматривает проведение экологической экспертизы и получения разрешения на сжигание отработанных масел.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или

повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Лаборатория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае разморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Для предотвращения данных ситуаций необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- Теплый гараж с автомобилем (для развоза сотрудников);
- Генератор бензиновый;
- Радиатор масляный;
- Постоянный запас воды (приблизительно 30л на одного человека).

За последние годы также участились случаи чрезвычайных ситуаций в виде диверсий. Такие случаи в большинстве своем сложные и имеют серьезные последствия. Для предупреждения вероятности возникновения подобных случаев здание, где находится рабочее место, должно быть оборудовано системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежными каналами связи. Также необходимо назначить должностное лицо, ответственное за обеспечение безопасности, и проводить периодические инструктажи и тренировки на случай возникновения экстренной ситуации.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Перечень нормативно-технической документации.

- 1) ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.
- 2) СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
- 3) СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
- 4) СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- 5) ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 6) СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
- 7) ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
- 8) ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 9) НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 10) СНиП 21-01-97 Противопожарные нормы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведено исследование влияния нанодисперсных металлов на термические свойства моторного масла.

В результате обзора литературных источников были изучены виды смазочных материалов, их свойства, и для чего в них добавляются присадки. Одним из свойств, ограничивающих применение смазочных материалов, является их горючесть, которая характеризуется температурой вспышки и на величину которой могут оказывать влияние нанодисперсные металлы в виде присадок или образующиеся в процессе трения деталей.

Для экспериментального исследования подготовлены образцы моторного масла с добавлением нанопорошков металлов: железа, меди и алюминия.

Проведена оценка влияния нанодисперсных металлов на процесс термоокислительной деструкции моторного масла при нагревании с помощью термического анализа и на температуру вспышки.

Результаты исследования показали, что добавление в моторное масло нанодисперсного алюминия приводит к замедлению термоокислительной деструкции моторного масла, тем самым повышая термическую стабильность, а также приводит к снижению горючести масла, повышая температуру вспышки. Добавление нанопорошка меди слабо влияет на параметры деструкции масла. Добавление нанопорошка железа приводит к ускорению термодеструкции моторного масла и приводит к снижению температуры вспышки.

Результаты проведенного исследования могут быть применены в целях снижения горючести моторных масел.

Список использованных источников

1. Маркова А.В., Мышкин Н.К. Трибодиагностика машин. Минск: Наука, 2005. 251 с.
2. ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов»
3. Корольченко А.Я, Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. “Пожнаука”, 2004. – Ч. I. – 713 с.
4. Шувалов, Г.В. Экспериментальное исследование метода определения температуры вспышки нефтепродуктов / Г.В. Шувалов // [Электронный ресурс] // Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы. – 2009. – С. 64–65.
5. Liston T.V. Engine Lubricant Additives, What They Are and How They Workю. – Lubr. Engr. – 1992. – V. 48 (5). – P. 389–397.
6. Глущенко, А.А. К обоснованию критерия оптимизации процесса регенерации моторных масел / А.А. Глущенко, Р.А. Зейнетдинов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1. – С. 84–88.
7. Замальдинов, М.М. Модульная линия очистки отработанных минеральных моторных масел от загрязнений / М.М. Замальдинов, А.А. Глущенко // Известия Международной академии аграрного образования. – 2011. – № 11. – С.16–21
8. Глущенко, А.А. Показатели и технические средства для оценки и восстановления эксплуатационных свойств моторного масла / А.А. Глущенко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 11. – С. 254–258.
9. Глущенко, А.А. Экологически безопасные технологии восстановления эксплуатационных свойств отработанного моторного масла с использованием гидроциклона / А.А. Глущенко. - Ульяновск: УГСХА, 2011. –166с.

10. Надежкин А.В., Безвербный А.В., Кича Г.П., Имитационная модель трибодиагностики двигателей внутреннего сгорания // Трение, износ и смазка.– 2010. – № 3.– С. 6–14.

11. Гульзар М. и др. Трибологические характеристики наночастиц в качестве присадок к смазочным маслам // Журнал исследований наночастиц. – 2016. – 18 18.8 (2016): 1-25.

Gulzar M., Masjuki H.H., Kalam M.A. et al. Tribological performance of nanoparticles as lubricating oil additives. – J. Nanopart. Res. – 2016. – V. 18(8). – 223.

12. Техническое описание Evolution 700 STI 10W-40 // [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.elflub.ru/sites/g/files/wompnd1336/f/atoms/files/tds_elf_evolution_700_sti_10w-40_dfe_202007_ru_rus.pdf

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

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

15. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 101 с.

16. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ / Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – 24 с.

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

18. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – М.: Информационно-издательский центр

Минздрава России, 2001. – 20 с.

19. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 12 с.

20. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2008. – 78 с.