

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельных топлив

УДК 665.753.4:537.612

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Валиуллина Рауза Ренатовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попок Евгений Владимирович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ивашкина Елена Николаевна	Д.Т.Н.		

Томск – 2022 г.

**Запланированные результаты обучения
по образовательной программе «Химическая технология топлива и газа»
(направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»)**

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС (самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта)
Общекультурные (универсальные) компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действия
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способность организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-3	Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
ОПК(У)-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	Готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей
ПК(У)-2	Готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи
ПК(У)-3	Способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
Дополнительные профессиональные компетенции (профессиональные компетенции, установленные университетом)	
ДПК(У)-1	Готовность к решению профессиональных производственных задач – контролю технологического процесса, разработке параметров проведения технологического процесса, разработке технологических расходных коэффициентов сырья и материалов, энергоресурсов, к выбору основного и вспомогательного оборудования
ДПК(У)-2	Способность использовать математические модели и пакеты прикладных программ для описания и прогнозирования различных явлений
ДПК(У)-3	Способность проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический анализ проекта
ДПК(У)-4	Способность разрабатывать учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Е.Н. Ивашкина
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<i>Магистерской диссертации</i>

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ02	Валиуллина Рауза Ренатовна

Тема работы:

Исследование влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельных топлив	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28-93/с от 28.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объектом исследования являются образцы товарного дизельного топлива и дизельных фракций различного состава.</p> <p>Методика исследования – магнитная обработка в поле действия постоянного магнита с последующим анализом низкотемпературных характеристик полученных образцов</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления достижений в области применения магнитной обработки дизельных топлив и фракций для улучшения их товарных характеристик.</p> <p>Обзор патентных источников с целью поиска запатентованных изобретений в области магнитной обработки топлив.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Сечин Андрей Александрович</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>31.01.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Попок Евгений Владимирович</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2ДМ02</p>	<p>Валиуллина Рауза Ренатовна</p>		

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

Студенту:

Группа 2ДМ02	ФИО Валиуллина Рауза Ренатовна
------------------------	--

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология топлива и газа

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>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами по городу Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент доплат – 0,35; - накладные расходы – 20%; - норма амортизации 15%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды - 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Проведение предпроектного анализа, составление «портрета» потребителя результатов НТИ. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта, в том числе оценка конкурентоспособности технических решений. Оценка потенциальных рисков.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Планирование работ; построение иерархической структуры магистерской диссертации</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление графика проведения и определение бюджета НТИ.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		01.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Валиуллина Рауза Ренатовна		01.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2ДМ02		ФИО Валиуллина Рауза Ренатовна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология топлива и газа

Тема ВКР

Исследование влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельного топлива	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования</i> – дизельная фракция.</p> <p><i>Область применения:</i> химическая промышленность.</p> <p><i>Рабочая зона</i> – лабораторное помещение ОХИ ТПУ.</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 20*10 м.</p> <p><i>Приборы и оборудование рабочей зоны</i> – аппарат для определения фракционного состава нефти и нефтепродуктов, аппарат для экспресс-анализа низкотемпературных свойств, термостат.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> отгонка дизельной фракции с исходного образца нефти, обработка магнитом отогнанного дизеля, проведение испытаний на установление низкотемпературных свойств, плотности, вязкости.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) · ГОСТ 12.4.011-89 (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <p>– анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий. <p><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · повышенный уровень шума;

<p>– расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</p>	<ul style="list-style-type: none"> · отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; · действие химических веществ; · производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего. <p><i>Средства защиты:</i> устройства защитного заземления и зануления; устройства для вентиляции и очистки воздуха; противозумные вкладыши; защитные ограждения.</p> <p><i>Расчет:</i> расчет систем искусственного освещения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> воздействие минимально, не учитывается в работе.</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> сброс твердых отходов, таких как пластик, бумага.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> сброс охлаждающей воды.</p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i> выбросы из вентиляционных систем, содержащие низкие концентрации углеводородов; тепловое воздействие вследствие испарения части охлаждающей воды.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p><i>Возможные ЧС:</i> природные катастрофы; геологические воздействия; техногенные аварии.</p> <p><i>Наиболее типичная ЧС:</i> возникновение пожара на рабочем месте.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

01.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Валиуллина Рауза Ренатовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 17 рисунков, 37 таблиц, 41 источник, 1 приложение.

Работа состоит из введения, основной части, включающей в себя пять глав, заключения и списка использованных источников.

Ключевые слова: магнитная обработка, дизельное топливо, низкотемпературные свойства, магнитное поле, топливо.

Объектом исследования являются образцы товарного дизельного топлива, дизельных фракций. Предметом исследования – низкотемпературные и реологические характеристики дизельных фракций.

Цель работы заключается в исследовании и выявлении закономерностей влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельных топлив.

В данной работе на обсуждение выносятся вопросы об особенностях состава дизельного топлива, влияя на которые можно улучшать низкотемпературные свойства нефтепродукта с помощью магнитной обработки. Также проанализированы результаты исследований воздействия постоянных магнитов на легкую и тяжелую дизельные фракции. На основании проделанной работы была произведена оценка возможных вариантов внедрения магнитной обработки в производственные процессы.

В результате исследования были получены общие закономерности влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельных топлив.

Область применения – химическая промышленность, грузовые, легковые автомобили.

Оглавление

Введение.....	11
1 Литературный обзор	14
1.1 Дизельное топливо и его характеристика.....	14
1.1.1 Требования к дизельному топливу.....	14
1.1.2 Низкотемпературные свойства дизельных топлив.....	18
1.2 Магнитное поле	19
1.3 Воздействие магнитного поля на углеводородные смеси	21
1.4 Обзор патентной документации	22
2 Объект, предмет и методы исследования	26
2.1 Опытная установка и ее описание.....	26
2.2 Измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов.....	30
2.3 Вискозиметр Штабингера	31
3 Экспериментальная часть, результаты и их обсуждение.....	32
3.1 Пилотные испытание на товарном ДТ.....	32
3.2 Образцы дизельной фракции с Гураринского месторождения	33
3.3 Образцы дизельной фракции с Грушевого месторождения	38
3.4 Внедрение МО.....	42
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 44	
4.1 Предпроектный анализ	45
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
4.1.3 SWOT-анализ.....	47

4.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	49
4.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	51
4.2	Инициация проекта	51
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	53
4.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	54
4.3.2	План проект	54
4.4	Бюджет научного исследования	57
4.4.1	Организационная структура проекта	63
4.4.2	План управления коммуникации проекта	63
4.4.3	Реестр рисков проекта	64
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	64
4.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	64
4.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	69
5	Социальная ответственность	73
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
5.2	Производственная безопасность.....	74
5.3	Экологическая безопасность.....	81
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
	Заключение	83
	Список использованных источников	86
	Приложения	91
	Приложение А	91

Введение

Дизельное топливо (ДТ, дизель) используется повсеместно, стоит вторым в рейтинге по популярности среди топлив после бензина [1]. Основным потребителем является железнодорожный транспорт, распространены автомобили, работающие на дизеле, как грузовые, так и легковые, водный и сельскохозяйственный транспорт. Дизель используют как топливо в котлах отопительных систем и стационарных электростанций [1]. Такой широкий спектр использования топлива влечет за собой соответственные объемы его производства, которые неуклонно растут с каждым годом. На рисунке 1.1 представлена динамика производства ДТ в России.

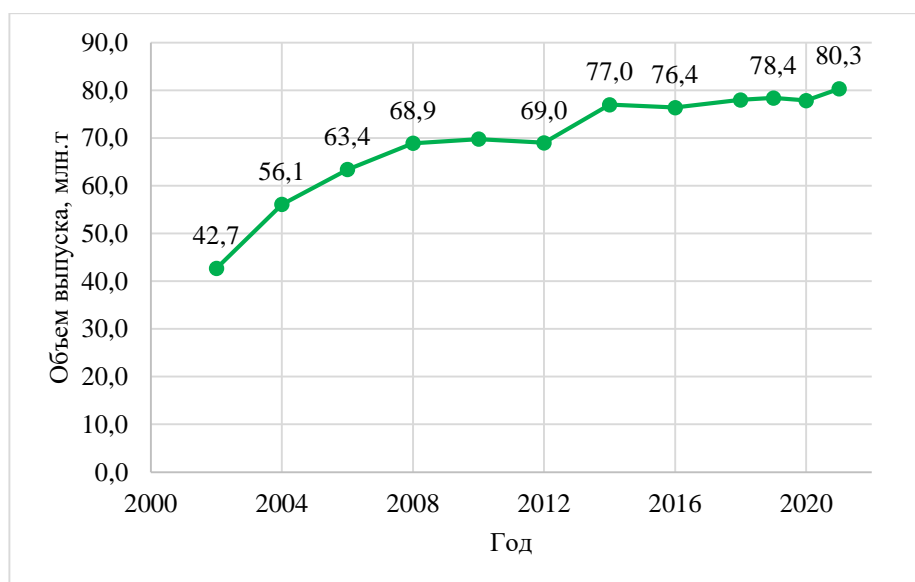


Рисунок 1.1 – Выпуск дизельного топлива в России [2]

Большая часть ДТ производится в Приволжском федеральном округе, за 2021 год в субъекте было произведено 43,8% от общего объема. Нужно также отметить рост цен на ДТ, в период 2019-2022 гг. средние цены производителей выросли на 29,6%, наибольшее увеличение произошло в 2022 году, темп прироста составил 21,9% [2].

К ДТ, как и к другим видам топлив, предъявляется ряд требований касаяемо различного рода свойств, в том числе и низкотемпературных. Для

нормальной эксплуатации двигателя необходимо, чтобы температура помутнения ДТ была ниже температуры окружающего воздуха. И в некоторых регионах нашей страны это требование удовлетворить не так просто. ДТ с наименьшим значением температуры застывания – арктическое топливо – получают путем смешения прямогонных, гидроочищенных и вторичного происхождения углеводородных фракций с температурой выкипания 180-330 °С, также добавлением депрессорных присадок [3, 4]. Очевидным является тот факт, что такой вид топлива не отличается своей доступностью в финансовом плане. А в связи с тем, что в последнее время резко возрос интерес к освоению и развитию отдаленных северных регионов (вызванный сосредоточением на территории более 25% мировых запасов нефти и газа [5]), спрос на данный вид топлива будет только расти.

Одним из новых, малоизученных методов обработки топлива считается магнитная обработка. Последние работы в данной области демонстрируют положительное влияние магнитной обработки на свойства ДТ [6-12], в том числе и низкотемпературные.

Актуальность работы заключается в неизбежном росте спроса на дизельное топливо с наиболее применимыми показателями низкотемпературных свойств. Исследования влияния магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельного топлива начаты относительно недавно, но уже дают положительную динамику [6-12], а также отличаются своей экологичностью и безреагентностью.

Цель работы заключается в исследовании и выявлении закономерностей влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельного топлива с последующим рассмотрением возможностей внедрения полученных результатов в эксплуатацию.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

- изучение механизма воздействия магнитного поля на ДТ;
- проведение магнитной обработки товарного ДТ, сравнение его характеристик до и после магнитной обработки;

- проведение магнитной обработки легкой и тяжелой прямогонной дизельной фракции, сравнение характеристик до и после обработки;
- анализ полученных результатов, выявление закономерностей влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства;
- рассмотрение возможных вариантов внедрения результатов испытаний в производство;
- оценка пользы, эффективности НИ, составление этапов реализации продуктов проекта;
- рассмотрение проекта с стороны социальной ответственности.

Научная новизна работы заключается в исследовании влияния высокоэнергетических постоянных магнитов, включающих в себя редкоземельные металлы, на изменение физических свойств дизельных топлив, в частности, низкотемпературных.

Практическая значимость работы: предложен альтернативный вариант снижения низкотемпературных свойств ДТ, применение магнитной обработки способствует улучшению низкотемпературных свойств дизельных топлив.

1 Литературный обзор

1.1 Дизельное топливо и его характеристика

Дизельное топливо – нефтепродукт желтого или светло-коричневого цвета, основу которого составляют углеводороды с температурами кипения от 200 до 350 °С. Плотность жидкости колеблется в диапазоне 0,80 - 0,83 кг/м³ [1].

Товарное дизельное топливо получают компаундированием [3]. Основным компонентом ДТ являются прямогонные дизельные фракции, прошедшие этап гидроочистки. Дополнительным – легкий газойль, полученный на установках каталитического крекинга. В последние годы, в связи с резким увеличением количества дизельных двигателей и потребления дизельных топлив, строят все больше установок гидрокрекинга, которые позволяют увеличивать потенциал НПЗ по выпуску дизельных топлив, но и улучшать их качество. Этап гидроочистки также позволяет увеличить цетановое число.

В силу этого ДТ по своему химическому составу представляет сложную смесь: алканов (10-40%), циклоалканов (20-60%) и ароматических соединений (14-30%) и их производных [4]. Непредельных углеводородов в дизельных топливах практически нет. Также в состав могут входить в незначительном количестве следующие элементы: смолистые, сернистые соединения, вода, механические примеси. Средняя молекулярная масса ДТ находится в пределах от 110 до 230.

1.1.1 Требования к дизельному топливу

Дизельное топливо регламентирует ГОСТ Р 52368-2005. В соответствии с [13] ДТ должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования к топливу

Показатель	Значение	
Цетановое число, не менее	51,0	
Цетановый индекс, не менее	46,0	
Плотность при 15 °С, кг/м ³	820,0-845,0	
Полициклические ароматические углеводороды, % (по массе), не более	К3, К4	11
	К5	8
Содержание серы, мг/кг, не более	К3	350
	К4	50
	К5	10
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	К3	40
	К4, К5	55
Коксуемость 10%-ного остатка разгонки, % (по массе), не более	0,30	
Зольность, % (по массе), не более	0,01	
Содержание воды, мг/кг, не более	200	
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	2,000-4,500	
Фракционный состав:		
при температуре 250 °С, % (по объему), менее	65	
при температуре 350 °С, % (по объему), не менее	85	
95% (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	360	
Содержание метиловых эфиров жирных кислот, % (по объему), не более	7,0	

Также ДТ классифицируют в зависимости от климатических условий местности, в котором его будут использовать. Летнее и межсезонное топлива разделяются на сорта в зависимости от ПТФ (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Дизельное топливо для районов с умеренным климатом [13]

Сорт	A	B	C	D	E	F
ПТФ, °С, не выше	+5	0	-5	-10	-15	-20

В свою очередь зимнее и арктическое топлива разделяются на классы, дополнительные требования к ним приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Дизельное топливо для районов холодным климатом [13]

Сорт	0	1	2	3	4
ПТФ, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44
Т-ра помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Плотность при 15 °С, кг/м ³	800,0-845,0		800,0-840,0		

Продолжение таблицы 1.3

Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	1,500- 4,000	1,400- 4,000	1,200- 4,000
Цетановое число, не менее	49,0	48,0	47,0
Цетановый индекс, не менее	46,0		43,0
Фракционный состав:			
до температуры 180 °С, % (по объему), не более	10		
до температуры 340 °С, % (по объему), не менее	95		
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	55	40	30

Обозначения марок дизельного топлива выглядит следующим образом.

Первая группа [13]:

- ДТ – дизельное топливо для автомобильных дизельных двигателей.

Вторая группа – буквы, обозначающие климатические условия применения [13]:

- Л – летнее;
- Е – межсезонное;
- З – зимнее;
- А – арктическое.

Третья группа – символы, обозначающие экологический класс дизельного топлива [13]:

- К2 – содержание серы не более 500 мг/кг;
- К3 – содержание серы не более 350 мг/кг;
- К4 – содержание серы не более 50 мг/кг;
- К5 – содержание серы менее 10 мг/кг.

К дизельному топливу предъявляется обширное количество требований, все они обуславливаются работой двигателя или условиями эксплуатации, или условиями транспортировки, хранения топлива. Коротко приведем пояснение к наличию ограничений к значениям показателей ДТ.

Основным показателем дизельного топлива является цетановое число. Цетан – тривиальное название нормального гексадекана (C₁₆H₃₄). По условной

шкале его цетановое число принято за 100 единиц. При впрыскивании топлива в сжатый воздух нормальные парафины быстро вспыхивают и медленно горят. Полициклические ароматические соединения воспламеняются с задержкой. В результате в высокоароматических топливах происходит очень быстрое нарастание давления, что приводит к жесткой работе двигателя. В настоящее время производят ДТ со значением цетанового числа не ниже 45, в отметке выше 60 нет необходимости, так как это не дает прирост мощности двигателя, но существенно увеличивает затраты на производство.

От вязкости и плотности зависит работа топливной автоматики, элементов поршневой группы, систем фильтрования, они обеспечивают нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания. Топливо в системе одновременно выполняет роль смазочного материала. Ограничивается как нижний, так и верхний пределы. При недостаточной вязкости ДТ растет износ частей двигателя, в первую очередь, плунжерных пар насоса и игл форсунок, также происходит просачивание топлива между деталями двигателя. При превышении значения вязкости топливо плохо прокачивается, недостаточно мелко распыляется, что приводит к неполному сгоранию, как следствие, снижению эффективности.

Требования к фракционному составу связаны с распылением топлива. Более легкие фракции во время распыления образуют слишком мелкие капли, нарушая процесс сгорания, также они легче просачиваются между деталями двигателя. Более тяжелые фракции при распылении образуют крупные капли, которые не сгорают полностью, тем самым повышается расход топлива, увеличивается количество вредных выбросов. При значительном утяжелении топлива выходят из строя распылители форсунок в результате коксования, также увеличивается количество нагаров в зоне цилиндропоршневой группы.

Регламентируется содержание серы и ее соединений в ДТ, в виду наличия прямой зависимости между ее концентрацией и уровнем вредных выбросов.

Что касается низкотемпературных свойств: для обеспечения нормальной эксплуатации двигателя в холодное время года необходимо, чтобы температуры

выпадения кристаллов была ниже чем температура окружающей среды. Выпадающие кристаллы парафинов забивают топливные фильтры, подача топлива нарушается или прекращается полностью.

Рассмотрим низкотемпературные свойства ДТ и варианты их улучшения.

1.1.2 Низкотемпературные свойства дизельных топлив

Низкотемпературные свойства ДТ определяются содержанием в них высокоплавких углеводородов и воды, характеризующиеся показателями:

- температура помутнения - температура, при которой теряется фазовая однородность топлива из-за появления в нем кристаллов парафинов и льда. Кристаллы закупоривают поры фильтров тонкой очистки, нарушая подачу топлива к насосу высокого давления и к форсункам [4];

- предельная температура фильтруемости (ПТФ) - наиболее высокая температура, при которой данный объем топлива не проходит через стандартный фильтр в установленное время при стандартизованных условиях охлаждения;

- температура застывания – температура, при которой нефтепродукт в стандартных условиях теряет подвижность.

В целях обеспечения хороших низкотемпературных свойств зимнюю и арктическую разновидности дизельного топлива получают из более лёгких фракций, чем летнюю. Или же проводится дорогостоящая депарафинизация. Кроме того, в арктическое дизельное топливо вводятся специальные присадки, приводящие к увеличению его цетанового числа.

На практике используются три метода улучшения низкотемпературных свойств [3, 6]:

1. Снижение содержания тяжелых фракций (понижение температуры конца кипения топлива) и/или вовлечение более легких фракций (бензин / керосин). Недостатками данного способа являются снижение смазывающих свойств (ведет к росту износа двигателя), понижение цетанового числа, возможное расслоение смеси.

2. Применение депрессорных присадок. При использовании депрессантов выработка топлива не снижается, однако они позволяют снизить лишь температуру застывания и мало влияют на температуру помутнения, что ограничивает возможности их применения.

3. Наиболее эффективным способом является применение технологий, позволяющих путем изменения углеводородного состава топлива снизить температуры застывания, помутнения и фильтруемости. Этот способ позволяет вовлекать дополнительное количество тяжелых фракций в ДТ и увеличивать, таким образом, производство дизельного топлива.

Улучшение низкотемпературных свойств ДТ способствует повышению эффективности его использования и возможности транспортировки.

Одним из нетрадиционных методов обработки топлива является магнитная обработка. В последнее время активно ведутся работы по исследованию влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства ДТ, на данном этапе уже наблюдается положительная динамика такого воздействия. В литературе наряду с термином «магнитная обработка» встречаются также такие, как «омагничивание», «активация», «кондиционирование», «индуцирование» и другие [6]. В следующем разделе рассмотрим свойства магнитного поля.

1.2 Магнитное поле

Магнитное поле – это силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и тела, обладающие магнитным моментом. На неподвижные заряды магнитное поле не действует. Магнит – тело, обладающее магнитным полем.

Характеристики магнитного поля [14]:

- образуется при перемещении заряда;
- распространяется со скоростью света в вакууме;

- магнитная индукция B – векторная величина, характеризующая силу поля и его направление, Тл (Тесла). При постоянном значении B поле называется постоянным, переменным при изменении магнитной индукции со временем в каждой точке;

- магнитный поток Φ – скалярная физическая величина, характеризующая количество линий магнитной индукции, проходящих через единицу площади, Вб (Вебер) [14]:

$$\Phi = BS \cos \alpha ,$$

где Φ – магнитный поток, B - индукция, S – площадь контура; α – угол между вектором индукции и нормалью к плоскости контура, через который проходит поток;

- магнитная проницаемость μ – коэффициент, определяющий магнитные свойства среды, характеризующий связь между магнитной индукцией напряженностью магнитного поля.

Сила Лоренца – сила, с которой магнитное поле действует на заряд [14]:

$$\vec{F} = q [\vec{v} \cdot \vec{B}],$$

где q - заряд, v - его скорость в магнитном поле, B - индукция, F - сила Лоренца, с которой поле действует на заряд.

Источники магнитного поля:

- электрическое поле, изменяющееся во времени;
- подвижные заряды;
- постоянные магниты.

Основными параметрами воздействия постоянного магнитного поля на поток жидкости (магнитной обработки), влияющими на ее эффективность, являются магнитная индукция, скорость потока в активной зоне, количество пересечений магнитного поля, температура среды.

Наиболее значимо влияние магнитного поля при скорости пересечения углеводородным сырьем активного зазора в интервале значений от десятых до сотых доли метра в секунду. Важным моментом является условие

перпендикулярного пересечения линий магнитного поля и направления потока жидкости. Более подробно мы рассмотрим механизм воздействия магнитного поля на топливо в следующем разделе.

1.3 Воздействие магнитного поля на углеводородные смеси

Рассмотрим чем обосновывается положительное влияние магнитной обработки на низкотемпературные свойства дизтоплива. Научное сообщество расходится во мнении относительно механизма влияния магнитного поля на нефтепродукт. Рассмотрим обе версии.

Как говорилось ранее в большинстве своем на низкотемпературные свойства дизтоплива оказывают влияние парафины, так как они имеют наивысшую температуру застывания.

Дизельное топливо можно рассмотреть как коллоидную систему, где дисперсной фазой выступают ассоциаты парафинов, на поверхности которых адсорбированы молекулы смол. До магнитной обработки парафиновые соединения хаотично распределены во всем объеме, после – достигается некая упорядоченность, характеризующаяся резким увеличением центров кристаллизации за счет разрушения надмолекулярных структур, увеличивается дисперсность системы. Частицы парафина меньшего размера при кристаллизации оказывают меньшее влияние на систему в целом, снижая температуру застывания.

Рассмотрим образование централизованной структуры, описанной выше. До обработки магнитами частицы не обладают электрическим зарядом. В результате обработки нескомпенсированные спины ориентируются во внешнем магнитном поле в направлении вектора поля. За счет этого меняется взаимное расположение молекул и надмолекулярных образований, происходит перестройка с образованием более упорядоченной системы с большим числом дисперсных частиц, как говорилось ранее.

Вторая теория основана на силе Лоренца. Ее приверженцы считают, что в дизельном топливе находятся полярные компоненты, которые подвержены движению при нахождении в постоянном магнитном поле. Действие силы по Лоренцу направлено перпендикулярно вектору движения заряженной частицы. Как следствие ассоциаты разбиваются на более мелкие фрагменты, система становится более дисперсной. Однако, как известно, дизтопливо состоит из углеводородов неполярных, организованных ковалентными связями. Таким образом, сила Лоренца никак не может влиять на систему.

1.4 Обзор патентной документации

Как уже говорилось ранее тема воздействия магнитной обработки на топливо, в частности, дизельное, неоднократно поднималась в научных работах среди соотечественников и зарубежных исследователей. В основном встречаются работы, целью которых является снижение расхода дизельного топлива путем его более полного сгорания. В этих работах исследователи косвенно достигают еще одного результата – снижения количества вредных выбросов.

Как выяснилось, применение постоянного магнитного поля уменьшает расход топлива, содержание в нем несгоревших углеводородов и монооксида углерода, повышает тепловой эффект работы двигателя [6, 9]. Магнитная обработка снижает плотность, вязкость, поверхностное натяжение и увеличивает степень дисперсности дизельного топлива, что приводит к образованию в топливовоздушной смеси более мелких капель, их перемешивание с горячей газовой средой и в итоге – к более полноценному сгоранию топливовоздушной смеси.

Рассмотрим европейский патент, в котором описываются устройства для магнитной активации топлив различного типа: бензина, дизельного топлива, керосина, мазута, природного газа. В зависимости от агрегатного состояния топлива подбирается нужная конструкция устройства. На рисунке 1.2

представлена конфигурация, применяемая для жидких или газообразных топлив. Рассмотрим ее подробнее.

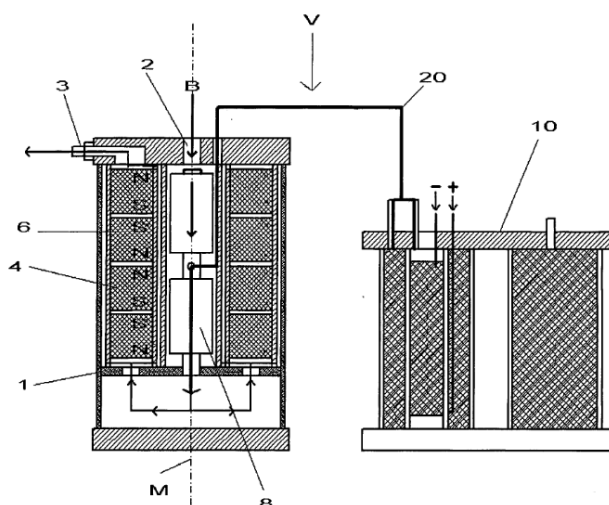


Рисунок 1.2 – Устройство магнитной обработки [15]:

1 – камера намагничивания; 2 – штуцер для подачи топлива; 3 – штуцер для выхода топлива; 4 – постоянный магнит; 6 – корпус магнитов; 8 – смешительная камера; 10 – электролизер; 20 – линия для подачи водородно-кислородной смеси

Топливо В, протекающее через камеру намагничивания 1, частично активируется постоянным магнитом 4. Дальнейшая активация идет за счет подмешивания водорода и кислорода в смешительной камере 8. Водородно-кислородную смесь получают в электролизере 10 путем электролиза из воды, по линии 20 она подается в смешительную камеру 8. Водород и кислород диспергируются и растворяются в топливе В в смешительной камере 8, а затем топливо В, обогащенное водородом и кислородом, медленно проходит между магнитами как показано стрелками на рисунке.

Благодаря такой конструкции эффективность топлива повышается более чем на 30% [15].

В статье [9] рассмотрено влияние МО на эффективность работы и повышение надежности ДВС, а также увеличение экологичности за счет снижения выбросов. Авторы проекта установили магнитный туннель в насос

двигателя КАМАЗ на стенде. По мере прохождения дизельного топлива в его объеме укрупненные капли разбиваются на более мелкие, процесс сопровождается снижением поверхностного натяжения. Более мелкие капли легче сгорают, соответственно, увеличивается полнота сгорания. Отсюда следует снижение вредных выбросов в атмосферу, в частности СО на 15%, и расход топлива на 12%.

В последнее время наметилась тенденция к использованию альтернативных источников топлива. Встречались работы, где классическое дизельное топливо смешивалось с биодизельным топливом и подвергалось магнитной обработке. Доля биодизельного топлива в испытаниях варьировалась от 0% до 20%. Полученный результат превосходил эффект, полученный при обработке классического дизельного топлива. Низкотемпературную характеристику, такую как ПТФ, удалось снизить на 30% при магнитной активации смеси ДТ и биодизеля, полученного из горчичного масла.

Авторы отмечают, что существует взаимосвязь между эффективностью магнитной обработки и величиной индукции. Таким образом, при увеличении индукции с 0,8 до 1,1 Тл эффективность обработки возрастает [11]. В то же время наибольший эффект достигается при низких нагрузках двигателя.

Ключевые наблюдения эксперимента обычно касаются количества и состава выхлопных газов. Причем результаты одних работ могут противоречить другим. Это расхождение может быть вызвано использованием различных методов и критериев оценки. Кроме того, условия эксперимента также вносят свой вклад в полученные результаты, а они плохо фиксируются и отражаются в бумагах. Соответственно, тяжело сделать объективные выводы.

Исследователи единогласно сходятся во мнении об эффективности магнитной активации. Все найденные патенты разнятся лишь в конструкции устройства магнитной обработки. Принцип действия и место размещения схожи.

Обзор патентной литературы показал отсутствие зарегистрированных в РФ патентов по магнитной обработке дизельных фракций, что значительно увеличивает актуальность работ. Также стало очевидным, что проблема

получения ДТ с улучшенными низкотемпературными показателями является злободневной и еще не нашла своего решения. Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что тема является актуальной.

2 Объект, предмет и методы исследования

В данном разделе рассмотрены опытная установка процесса магнитной обработки, приведены характеристики объекта, предмета исследования и описаны применяемые методы исследования.

Объектами исследования являются:

- товарное дизельное топливо;
- легкая дизельная фракция (180-280 °С) с Гуларинского месторождения;
- тяжелая дизельная фракция (280-350 °С) с Гуларинского месторождения;
- широкая дизельная фракция (180-350 °С) с Гуларинского месторождения;
- легкая дизельная фракция (180-280 °С) с Грушевого месторождения;
- тяжелая дизельная фракция (280-350 °С) с Грушевого месторождения.

В качестве предмета исследования приняты низкотемпературные и реологические характеристики опытных образцов.

Методы исследований: атмосферная разгонка нефти на аппарате АРНС-1Э по ГОСТ 2177-99; измерение низкотемпературных свойств дизельных топлив на измерителе низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН; измерение динамической вязкости и плотности на вискозиметре Stabinger Viscometer по ASTM D 7042, магнитная обработка на опытной установке.

2.1 Опытная установка и ее описание

Магнитная обработка осуществляется с использованием оборудования, представленном на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Магнитная система

Эскиз внутреннего строения магнитной системы приведено на рисунке 2.2. Состоит из следующих блоков:

1. труба из нержавеющей стали (1);
2. высокоэнергетические прямоугольные постоянные магниты (2);
3. блоки для усиления магнитного поля в виде металлических пластин (3).

Дизельная фракция проходит по трубе из нержавеющей стали 1, которую окружают постоянные магниты 2. Магниты прямоугольной формы расположены на определенном расстоянии друг от друга, приварены к металлическим пластинам 3 – корпусу магнитной системы. Металлические пластины 3 также выполняют функцию концентраторов магнитного поля, не дают магнитным силовым полям рассеяться.

На дизельную фракцию оказывается комплексное воздействие высокоэнергетических магнитных силовых полей, за счет чего увеличивается эффективность процесса. Комплексное воздействие обуславливается наличием объемного магнитного поля, действующего как в перпендикулярном, так и в продольном направлении в жидкости, и определенным расположением магнитов, которое увеличивает время прохождения жидкости в магнитной

системе. При недостаточном времени воздействия магнитного поля, «магнитная память» движущегося потока быстро исчезает, и необходимо множественное воздействие магнитного поля на жидкость. В виду того, что в представленной магнитной системе магниты расположены определенным образом, необходимая эффективность достигается уже при однократном прохождении топлива через систему.

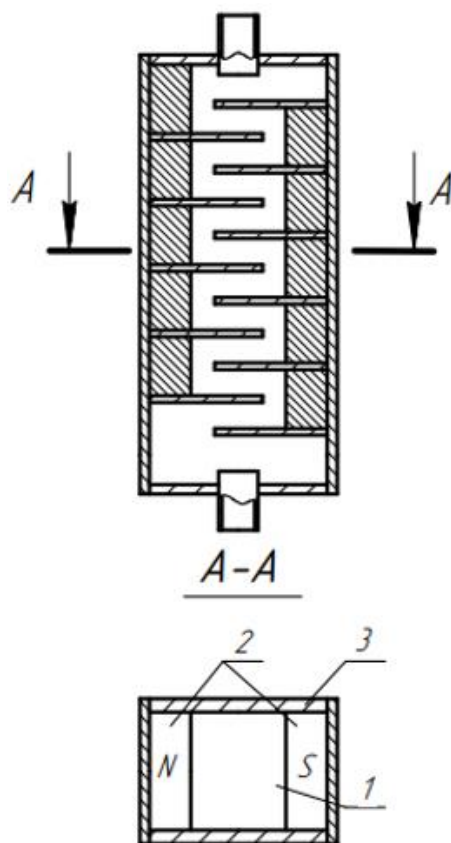


Рисунок 2.2 – Эскиз магнитной системы:

1 – труба, 2 – высокоэнергетические постоянные магниты, 3 – пластина

Магнитная система содержит 5 пар самарий-кобальтовых магнитов, индукция магнитной системы составляет около 180 мТл.

Выбор на такой тип магнитов сделан ввиду нескольких причин.

Самарий-кобальт (Sm-Co) близок по свойствам к неодиму (магнит NdFeB). Оба являются редкоземельными сильными магнитами с высокой устойчивостью к размагничиванию. Самарий и неодим находятся в лантаноидной

серии металлов в Периодической таблице, поэтому свойства и кристаллические структуры этих магнитов схожи. Кристаллическая структура Sm-Co – гексагональна, а NdFeB – тетрагональна. Оба типа структур придают высоконаправленные магнитные свойства редкоземельным магнитам. Эти кристаллические структуры плотно концентрируют магнитное поле в направлении север-юг. Когда материальное свойство настолько сконцентрировано в одном направлении его называют анизотропным.

При повышенных температурах магниты Sm-Co значительно превосходят магниты NdFeB, максимальная рабочая температура неодимовых магнитов равна 80 °С, а самарий-кобальтовых – 150 °С [16].

Также важным аспектом является более плоская кривая температурного коэффициента у Sm-Co магнитов. Температурный коэффициент магнитов Sm-Co составляет $-0,03 - 0,05 \text{ \% / } ^\circ\text{C}$, что намного меньше, чем у NdFeB ($-0,11 \text{ \% / } ^\circ\text{C}$). Это означает, что Sm-Co теряет меньшую прочность поля на градус повышения температуры, чем NdFeB (рисунок 2.3).

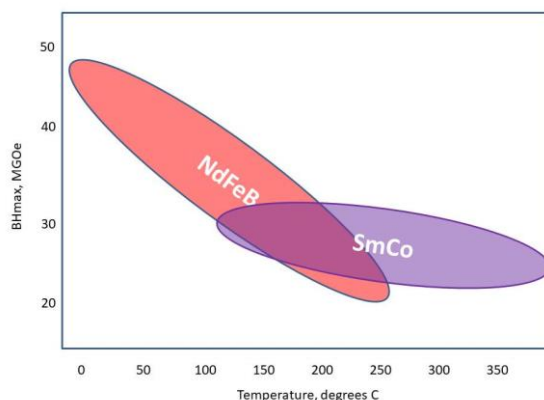


Рисунок 2.3 – Температурный коэффициент магнитов [16]

Sm-Co магниты не подвержены коррозии в отличие от неодимовых магнитов. Это связано с тем, что такие магниты на 65% состоят из кобальта, который обладает такими свойствами как твердость, жаропрочность и износостойчивость.

Также ещё одним отрицательным фактором использования неодимовых магнитов является то, что в результате их прессования при изготовлении

получаются пористые структуры, через которые могут проникнуть мельчайшие капельки воды. В результате чего происходит взаимодействие с поверхностью магнита с образованием гидридов неодима, и как следствие магнит рассыпается.

Исходя из вышеперечисленного выбор был сделан в пользу использования Sm-Co магнитов ввиду подходящей температурной стабильности и высокой устойчивости к коррозии или размагничиванию без каких-либо поверхностных обработок.

2.2 Измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов

Исследования низкотемпературных свойств производились с помощью измерителя низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН (Рисунок 2.4). Основные технические характеристики оборудования [17]:

- диапазон воспроизводимых температур, °С: от минус 60 до 5;
- дискретность показаний, °С: 0,1;
- пределы допускаемой основной погрешности, не более, °С: $\pm 3,0$;
- повторяемость (сходимость) результатов определения температуры помутнения (начала кристаллизации), не более, °С: 1,0;
- воспроизводимость результатов определения температуры помутнения, не более, °С: 3,0.



Рисунок 2.4 – ИНПН

2.3 Вискозиметр Штабингера

В работе был использован вискозиметр Штабингера SVM 3000 (Рисунок 2.5) для измерения динамической вязкости и плотности по ASTM D7042.



Рисунок 2.5 – Stabinger viscometer SVM3000

Основные технические характеристики прибора [18]:

- диапазон измерения динамической вязкости, мПа·с – 0,2...104;
кинematической вязкости, мм²/с – 0,2...104;
плотности, кг/м³ – 650...2000;
- пределы допускаемой относительной погрешности измерения вязкости, % – ±0,35;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности, кг/м³ – ±0,5.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время в перспективность исследования большой вклад вносит экономическая составляющая. Оценка экономической эффективности плодов разработки является неотъемлемой частью каждого исследования поскольку демонстрирует выгодность вложения для инвесторов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка пользы, эффективности НИ, составление этапов реализации продуктов проекта.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- проработка идеи НТИ;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- организовать работы по НТИ;
- составление «портрета» потребителя результатов НТИ, осуществление сегментирования рынка;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Исследования проводились на базе Научно-исследовательского Томского политехнического университета с целью изучения влияния магнитной обработки на свойства дизельного топлива, в частности на низкотемпературные. В качестве объекта исследования была выбрана дизельная фракция нефти с Грушевого месторождения.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [20].

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором в будущем будут продаваться разработки. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар или услуга [20]. Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Проведем сегментацию рынка по следующим критериям: размер компании и ее деятельность (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Деятельность предприятия	
		НПЗ	НИИ
Размер	Крупные	Газпромнефть-ОНПЗ	МИСиС
	Средние	Газпром нефтехим Салават	–
	Мелкие	Краснодарский НПЗ (Русснефть)	–

Как видно из таблицы, наиболее перспективным сегментом для формирования спроса является сегмент крупных и средних НПЗ.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [20].

В данном научном исследовании анализируется влияние магнитной обработки на свойства дизельного топлива, главным образом производится поиск механизма, по которому идет процесс.

В таблице 4.2 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-технологом в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается нефтепереработкой.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение КПД	0,32	5	3	5	1,6	0,96	1,6
2. Скорость	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
3. Технологичность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	3	2	0,7	0,42	0,28
3. Время	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
Итого	1	28	23	22	4,73	3,66	3,92

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано, в первую очередь, с ценой, технологичностью и КПД.

4.1.3 SWOT-анализ

Проведение SWOT-анализа заключается в исследовании внешней и внутренней среды проекта и состоит из нескольких этапов [20].

На первом этапе описываются сильные и слабые стороны проекта, выявление возможностей и угроз для реализации данного проекта, проявляющиеся в его внешней среде.

Данные исследования первого этапа представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Хороший экономический эффект. 2. Малое количество конкурентов. 3. Относительно невысокие денежные затраты проекта.	1. Отсутствие прототипа научной разработки. 2. Громоздкость технологической линии.
Возможности	Угрозы
1. Внедрение в уже имеющуюся технологическую линию. 2. Разработка более эффективной рецептуры дизтоплива.	1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукта. 2. Развитие конкуренции.

Второй этап исследования состоит из выявления соответствия сильных и слабых сторон проекта внешними условиями окружающей среды [20]. Для этого строим интерактивную матрицу проекта (Таблица 4.4) где каждый фактор помечается знаком «+» - сильное соответствие сильных сторон возможностям, или знаком «-» - слабое соответствие, либо «0» - есть сомнения.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны				
Возможности проекта		C ₁	C ₂	C ₃
	B ₁	+	0	+
	B ₂	0	-	0
Сильные стороны				
Угрозы проекта		C ₁	C ₂	C ₃
	Y ₁	-	+	-
	Y ₂	+	+	+
Слабые стороны				
Возможности проекта		СЛ ₁	СЛ ₂	
	B ₁	-	+	
	B ₂	-	-	
Слабые стороны				
Угрозы проекта		СЛ ₁	СЛ ₂	
	Y ₁	+	-	
	Y ₂	-	-	

На третьем этапе составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хороший экономический эффект. 2. Малое количество конкурентов. 3. Относительно невысокие денежные затраты проекта. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие прототипа научной разработки. 2. Громоздкость технологической линии.
Возможности		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Внедрение в уже имеющуюся технологическую линию. 2. Разработка более эффективной рецептуры дизтоплива. 	Экономическая выгода даст хорошее подспорье для внедрения разработки в уже имеющуюся технологию.	Возможности проекта могут быть осложнены с отсутствием прототипа научной разработки. Внедрение разработки в уже имеющуюся технологическую линию возможно создаст громоздкость.

Продолжение таблицы 4.5

Угрозы		
1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукта.	Хороший экономический эффект и отсутствие конкурентов будут способствовать развитию конкуренции, как следствие развитию, модернизации проекта.	Отсутствие прототипа научной разработки может привести к малому финансированию проекта и, возможно, к введению дополнительных государственных требований к сертификации продукта.
2. Развитие конкуренции.		

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения) [21]. Для этого заполнена специальную форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5

Продолжение таблицы 4.6

5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	5
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	49	63

Полученное значение позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, для дальнейшего улучшения необходимо разработать бизнес-план коммерциализации, найти команду для коммерциализации научной разработки, провести маркетинговые исследования рынков сбыта, проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект [20]. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации.

Из существующих методов одним из наиболее подходящих является торговля патентными лицензиями, поскольку данный вариант является самым простым. Разработчик может практически свободно использовать научное оборудование ТПУ и имеет возможность получить грант на исследования. Владельцем патента в таком случае будет являться вуз, и разработчик получит меньшую прибыль, однако и расходы несёт меньшие, в том числе ему не требуется платить за обслуживание патента.

Такие методы, как инжиниринг или организация собственного предприятия требуют большего количества участников в команде разработчиков. Передача ноу-хау или интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия также требуют большего числа участников, а также проведения необходимых трансляционных исследований.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего [22]. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. В данном проекте заинтересованными сторонами проекта являются руководитель и

инженер, ожидания заинтересованных сторон – научная статья/патент. В таблице 4.7 отражены цели и результат проекта.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование влияния магнитной обработки на свойства дизельного топлива
Ожидаемые результаты проекта:	научная статья / патент
Критерии приемки результата проекта:	Статья принята к публикации / зарегистрированный патент
Требования к результату проекта:	Требование:
	Изучено влияние МО на дизельное топливо
	Обоснование механизма действия МО
	Получены конкретные значения, характеризующие динамику изменения свойств
	Сделаны выводы о перспективности и направлении дальнейших исследований

В таблице 4.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Попок Е.В., НИ ТПУ, доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Валиуллина Р.Р., магистрант ОХИ ИШПР НИ ТПУ	Исполнитель по проекту	Обзор литературных источников, выполнение исследований, анализ полученных результатов, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения / допущения
1. Бюджет проекта	200000
1.1. Источник финансирования	Бюджет ТПУ
2. Сроки проекта:	09.2020-05.2022
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	14.09.2020
2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ [20]. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 4.1).

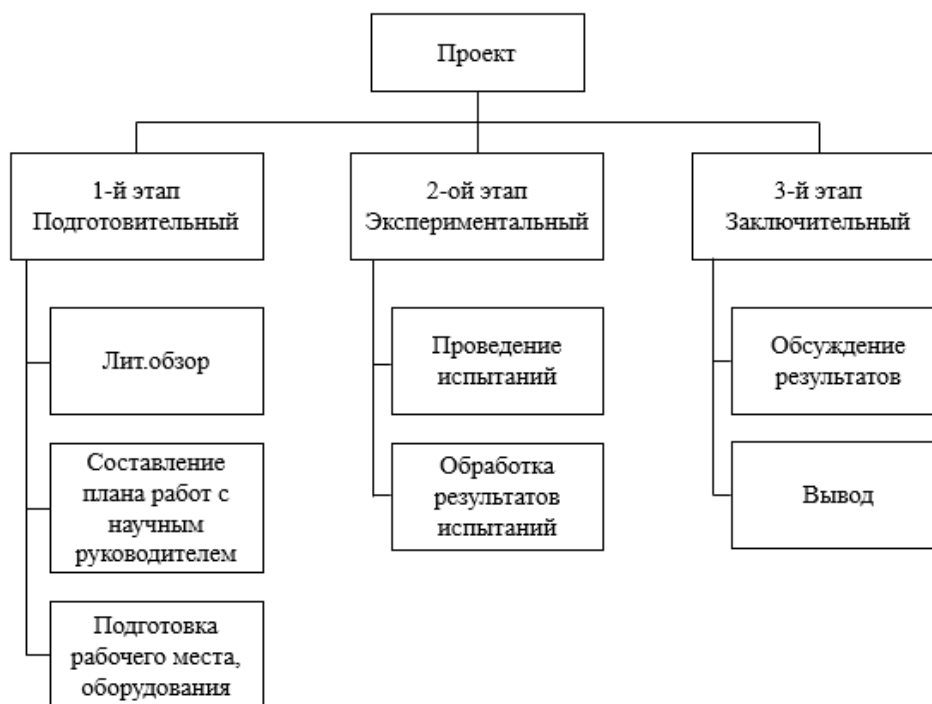


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

4.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный план проекта и график проекта (таблица 4.10, 4.11).

Таблица 4.10 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.2020	07.09.2020	Попок Е.В., Валиуллина Р.Р.
Согласование плана работ	7	08.09.2020	15.09.2020	Попок Е.В., Валиуллина Р.Р.
Литературный обзор	225	16.09.2020	28.04.2021	Валиуллина Р.Р.




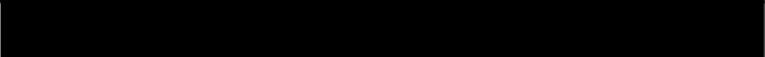


Продолжение таблицы 4.10

Проведение эксперимента	337	28.01.2021	30.12.2021	Валиуллина Р.Р.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	32	29.01.2022	01.03.2022	Попок Е.В., Валиуллина Р.Р.
Написание отчета	91	02.03.2022	31.05.2022	Валиуллина Р.Р.
Итого*:	627	01.09.2020	31.05.2022	

* Не является суммой: разные работы могут выполняться в одни и те же рабочие дни.

Для иллюстрации календарного плана проекта используется столбчатая диаграмма, называемая диаграммой Ганта (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021								2022										
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май		
Утверждение темы магистерской диссертации	7																							
Согласование плана работ	7																							
Литературный обзор	225																							
Проведение эксперимента	337																							
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	32																							
Написание отчета	91																							



- Валиуллина Р.Р.



- Попок Е.В., Валиуллина Р.Р.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи [20]:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.
2. Специальное оборудование для научных работ.
3. Заработная плата.
4. Отчисления на социальные нужды.
5. Научные и производственные командировки.
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Покупные комплектующие и сырьё

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Образец нефти	5	1000	5000
Растворитель	5	125	625
Фильтр беззольный	1	90	90
Тара для образцов	5	80	400
Всего за материалы	6115		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			244,6
Итого по статье			6359,6

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Аппарат для разгонки нефтепродуктов АРНС-Э	1	220000	220000
2	Ареометр АОН	1	460	460
3	Измеритель низкотемпературных св-в	1	150000	150000
4	Вискозиметр	1	5000	5000
5	Термостат	1	20000	20000
6	Компьютер	1	50000	50000
7	ПО MicrosoftOffice	1	6000	6000
Итого, руб.				451460

Расчет заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	99	99
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [20]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [20]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где: $Z_{\text{м}}$ – 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; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника [20]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда); $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле [20]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук без учета РК составил 43664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 21832. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б,}$ руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м,}$ руб	$Z_{дн,}$ руб	$T_{р,}$ раб.дн.	$Z_{осн,}$ руб
Руководитель	21832	1	0,02	1,3	28949,2	1529,4	212	324231,4
Магистрант	6200	-	-	1,3	8060	425,8	212	90272

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [20]:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп},$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	324231,4	90272
Дополнительная зарплата	48634,7	13540,8
Итого по статье $C_{зп}$	372866,1	103812,8

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Стипендиальный выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (324231,4 + 48634,7) = 111859,83 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 47667,89 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями. Сторонние организации не принимали участия в проекте, поэтому данную статью расходов не рассчитываем.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (372866,1 + 103812,8) = 381343,1$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет, которые приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Доп. заработная плата	Отчисления на соц. нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	6359,6	451460	414503,4	62175,5	111859,8	47667,9	-	-	381343,1	1475369,3
Аналог	5825,4	816257	350000	52500	98325	40250	-	-	322000	1685157,4

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникации проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.19.

Таблица 4.19 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Поломка оборудования	2	4	Средний	Соблюдение технологического режима	Нарушение режима
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования
4	Примеси	1	2	Низкий	Надежные поставщики	Некачественное сырье

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

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к

анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

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

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле [20]:

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

где: ЧДП_{опт} – чистые денежные поступления от операционной деятельности; I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году; t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$); n – горизонт расчета; i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

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

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.20. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации - 10 %.

Таблица 4.20 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1770443,2	1770443,2	1770443,2	1770443,2
2	Итого приток, руб.	0	1770443,2	1770443,2	1770443,2	1770443,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	-1475369,4	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35%от бюджета)	0	619655,1	619655,1	619655,1	619655,1
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	1150788,1	1150788,1	1150788,1	1150788,1

Продолжение таблицы 4.20

6	Налоги 20 %, руб.(5·20%)	0	230157,6	230157,6	230157,6	230157,6
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	920630,5	920630,5	920630,5	920630,5
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-1475369,4	1068167,4	1068167,4	1068167,4	1068167,415
10	Коэффициент дисконтирования при i=20% (КД)	1,00	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,579</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9·10)	-1475369,4	890139,5	741782,9	618152,4	515127,0
12	Σ ЧДД	2765201,9 руб				
12	Итого NPV, руб.	1289832,6 руб				

$$NPV=2765201,9 \text{ руб} - 1475369,4 \text{ руб} = 1289832,6 \text{ руб} > 0$$

Чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 1289832,6 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле [20]:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1,$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.; I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2765201,9}{1475369,4} = 1,87$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR.

Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $=0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.21 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.21 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1475369,4	1068167,4	1068167,4	1068167,4	1068167,4	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1475369,4	970964,2	882306,3	802193,7	729558,3	1909653,2
	0,2	-1475369,4	889783,5	741308,2	617400,8	514856,7	1287979,7
	0,3	-1475369,4	821420,7	632355,1	486016,2	373858,6	838281,3
	0,4	-1475369,4	762671,5	544765,4	388812,9	277723,5	498604,0
	0,5	-1475369,4	712467,7	474266,3	315109,4	211497,1	237971,2
	0,6	-1475369,4	667604,6	416585,3	260632,8	163429,6	32883,0
	0,7	-1475369,4	628082,4	357836,1	216838,0	119634,8	-152978,1
	0,8	-1475369,4	593901,1	330063,7	182656,6	101475,9	-267272,0
	0,9	-1475369,4	561856,1	295882,4	155952,4	82248,9	-379429,6
	1,0	-1475369,4	534083,7	267041,9	133520,9	66226,4	-474496,5

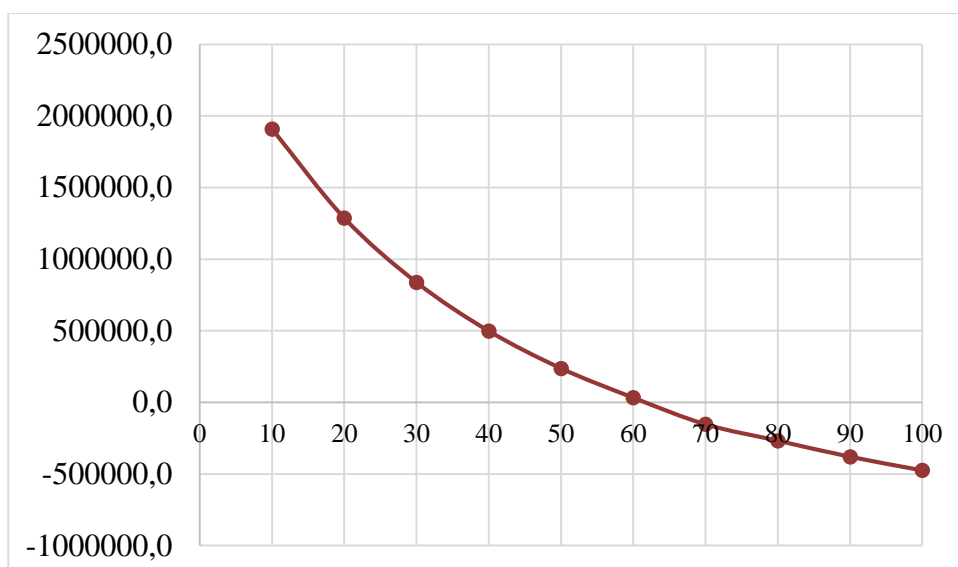


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,61. $IRR > i$, проект эффективен. Запас экономической прочности проекта: $61\% - 20\% = 41\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.22).

Таблица 4.22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-1475369,4	890139,5	741782,9	618152,4	515127,0
2	То же нарастающим итогом, руб.	-1475369,4	-585229,8	156553,1	774705,5	1289832,6
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DPP_{ДСК} = 1 + (585229,8 / 741782,9) = 1,79$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Использование депрессорных присадок, удорожающих стоимость дизельного топлива	Снижение цены на топливо
Устаревшая технология переработки нефти, получения дизельного топлива	Увеличение глубины переработки нефтепродуктов, модернизация уже работающей технологии

4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле [20]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [20]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 4.24).

Таблица 4.24 – Сравнение характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог [4]	Аналог [5]
Производительность	0,25	5	2	4
Стоимость сырья	0,25	5	4	5
Стоимость материалов	0,25	4	5	5
Скорость обработки	0,25	3	4	3
Итого	1	17	15	17
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4,25	3,75	4,25

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [20]:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле [20]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a},$$

где: $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.25.

Таблица 4.25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог [4]	Аналог [5]
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,20	0,20	0,22
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,75	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	21,25	18,75	19,32
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,13	1	1,03

Выводы: сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость NPV, равная 1289832,6 руб.; индекс доходности PI=1,87, внутренняя ставка доходности IRR=61%, срок окупаемости PP_{дск}=1,79 года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и средним сроком окупаемости.

Заключение

Исследования в области влияния магнитного поля на характеристики нефтепродуктов начаты относительно недавно и немногочисленны. Однако, положительные результаты испытаний в паре с безреагентностью, простотой в эксплуатации, экономической эффективностью предвещают хорошие перспективы. Всё это дополняет тот факт, что потребность в топливе, в частности, дизельном, ежегодно растет, а некоторые регионы нашей страны нуждаются в ДТ с низкотемпературными показателями применимыми в суровых условиях. Привлекательность метода состоит также в компактности аппарата для магнитной обработки жидкости и простоте его обслуживания.

Основываясь на литературных источниках, добавим, что магнитная обработка снижает расход топлива, статья затрат на которые составляет весомую долю в себестоимости продукции. Также МО способствует снижению вредных выбросов. Таким образом, исследование в данной области имеет экономический и социальный эффект.

В первой главе данной работы, посвященной теоретическим основам, подробно рассмотрено дизельное топливо, его характеристики, актуальные требования к ДТ, характеристики магнитного поля, механизм его влияния на коллоидные системы. Также проведен литературный обзор, рассмотрены современные патенты в данной области. В тексте отражены причины актуальности данной работы и сложности в исследовании.

Вторая и третья главы посвящены экспериментальной части. Во второй главе изложены методы исследования, описаны предмет и объекты исследования. В третьей главе – подробно рассмотрена методика испытаний, предоставлены результаты и проведен их анализ.

В четвертой главе работы приведена оценка пользы, эффективности НИ, этапы реализации продуктов проекта; в пятой главе рассмотрены аспекты социальной ответственности.

В рамках данной работы осуществлялось исследование и выявление закономерностей влияния постоянного магнитного поля на низкотемпературные свойства дизельного топлива.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- наблюдается прямая зависимость эффективности влияния МО на низкотемпературные показатели от содержания парафинов в сырье. Так T_z на образце с Гуларинского месторождения, где массовая доля парафинов 0,51 мас.%, снизилась в 3,1 раз, в то время как T_z на образце с Грушевого месторождения, где массовая доля парафинов 0,96 мас.%, снизилась в 10,7 раз. Данное явление обуславливается механизмом воздействия МО на дизельное топливо;

- МО легкой дизельной фракции является менее эффективной, чем тяжелой – снижение температуры помутнения легкой дизельной фракции в 1,5 раз, ПТФ и температуры застывания – в 1,2 раза;

- с увеличением вязкости системы требуется больше времени для достижения оптимального эффекта воздействия. Образцы тяжелых дизельных фракций с Гуларинского и Грушевого месторождений существенно отличаются вязкостью (5,9793 мПа·с и 8,6706 мПа·с, соответственно). Стоит выдвинуть предположение о том, что для образца с Грушевого месторождения не были оптимально подобраны условия МО. При увеличении времени прохождения активной зоны снижение низкотемпературных показателей было бы существеннее;

- с утяжелением сырья увеличивается эффективность от числа МО. Так низкотемпературные показатели легкой дизельной фракции Гуларинского месторождения после дополнительной МО снизились в среднем на 1 °С, в то время как тяжелой дизельной фракции на 10 °С;

- эффект от МО сохраняется со временем, значения низкотемпературных показателей сразу после МО и спустя сутки попадают в сходимости используемого прибора;

- отслеживается снижение реологических характеристик дизельных фракций при МО, что совпадает с исследованиями отечественных и зарубежных коллег. Спустя сутки наблюдается движение значений плотности и вязкости в исходную сторону.

Список использованных источников

1. Дизельное топливо [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дизельное_топливо (дата обращения: 02.12.2021).
2. Рынок дизельного топлива, текущая ситуация и прогноз, исследование рынка [Электронный ресурс]: Alto Consulting Group. – Режим доступа: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/304-rynok-dizelnogo-topliva-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2021-2025-gg.html> (дата обращения: 08.03.2022).
3. Современные требования, предъявляемые к качеству дизельного топлива в России. Научно-технический журнал «Технологии нефти и газа»/ РГУ имени нефти и газа Губкина/ №5(46), 2006, 24 с.
4. А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. Химмотология. Изд. «Химия» - М:1986 г, 368 с.
5. Экспедиция в Арктику / Информационное агентство «Оружие России». [Электронный ресурс] URL: www.arms-expo.ru/049057054050124049055049049051.html (дата обращения: 10.03.2022).
6. Пивоварова Н.А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (05.17.07) / Пивоварова Надежда Анатольевна; АГТУ – Москва, 2005. – 52 с.
7. Пивоварова Н. А., Акишина Е. С., Сальникова Т. В., Лагарова И. Р., Нурмамбетов Д. Д. Преимущества магнитной обработки дизельных топлив // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 2 (68). С. 7–15. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-2-7-15.
8. Аксютин Л. Е., Пивоварова Н. А. Применение магнитных полей в нефтяной и нефтегазовой промышленности // Вестник АГТУ. 2004. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-magnitnyh-poley-v-neftyanoj-i-neftegazovoy-promyshlennosti> (дата обращения: 22.03.2022).

9. Велес Парра, Пивоварова Н. А. Снижение токсичности выхлопных газов при предварительной магнитной обработке дизельного топлива // Материалы V Всерос. науч. конф., 9-10 октября 2002 г., Астрахань. - Астрахань: Изд-во АГПУ, 2002. - С. 201-203.

10. Разумов И. К. Влияние магнитного поля на углеводороды и возможности его применения в нефтегазовой отрасли / Выпускная квалификационная работа; Дальневосточный федеральный университет – Владивосток, 2019. – 64 с.

11. Пивоварова Н.А., Сальникова Т.В., Лагарова И.Р., Нурмамбетов Д.Д. Использование магнитной обработки для улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива // Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации, – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018, с.52

12. Пивоварова Н. А. Технология магнитной обработки топлив для дизелей рыбопромысловых и транспортных судов / Н. А. Пивоварова, А. Ф. Дорохов, Р. Велес Парра // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. — С. 941–950. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-941-950.

13. ГОСТ Р 52368-2005 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Поправками, с Изменениями N 1, 2) – М.: Стандартиформ, 2009. – 42 с.

14. Магнитное поле [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитное_поле (дата обращения: 18.12.2021).

15. Den Haag Method and device for activating of liquid or gaseous fuels, especially of petrol and diesel fuels, kerosine, gasoil, natural gas or the like // Patent EP 05 02 2325

16. Как выбрать подходящий магнит? / Группа АМТ&С [Электронный ресурс] URL: <http://www.amtc.ru/publications/articles/2052/> (дата обращения: 20.04.2022).

17. ТУ 4215-025-60283547-2005 Измерители низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН, 2006 г.

18. Вискозиметр Штабингера SVM3000 (Anton Paar) / Группа компаний «Гранат» – измерительные приборы, аналитическая аппаратура, лабораторное оборудование, расходные материалы [Электронный ресурс] URL: <http://granate.ru/svm3000.html> (дата обращения: 21.04.2022).

19. Популярная нефтепереработка Авторский коллектив РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина под руководством к.т.н. Л.Н. Багдасарова Изд.: ЦСП Платформа, 2016. – 59 с.

20. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

21. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.

22. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)

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

25. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

26. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

27. ГОСТ 12.4.011-89 (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

28. ГОСТ Р 55710 – 2013 Освещение рабочих мест внутри зданий Нормы и методы измерений

29. Коэффициент запаса светильников с люминесцентными лампами [Электронный ресурс]: Студопедия.Нет – информационный студенческий

ресурс – Режим доступа: https://studopedia.net/9_33108_koeffitsient-zarasa-svetilnikov-s-lyuminestsentnimi-lampami.html (дата обращения: 25.04.2022)

30. Rakesh T, Rao GV, Sankar PK.. International Journal of Mechanical Engineering and Computer Applications. 2015;3(2):038-042.

31. Faraday M. LXIV.. The Philosophical Magazine: A Journal of Theoretical Experimental and Applied Physics ,2013. 1847;31(210):401-421.

32. Jain S, Deshmukh S. IOSR J Eng (IOSRJEN). 2012;2(7):27-31.

33. Chaware K. Review. Int J Eng Res General Sci-Ence. 2015;3(1):1174-1178.

34. Al Dossary, Rashid. M. A., Master's Thesis, King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2009.

35. Adel Mahmmud Salih, Abdul-Rahman Mutez Ahmed The effect of magnetic field on the boiler performance fueled with diesel // International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 2, February-2016

36. Hagans Friedrich Permanent magnetic device for reducing diesel engine fuel consumption, is placed on diesel engine injection devices, consists preferably of at least two permanent magnets arranged opposite each other // Patent DE000020317675

37. Parihar, R.P.S., Shaija, A. Effect of the magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions of diesel engine (2013) Proceedings of the 9th Asia-Pacific Conference on Combustion, ASPACC 2013

38. Al-Fagaan, S., Al-Ajmi, S., Yamin, J. Relative performance of a direct ignition diesel engine using biodiesel as fuel under Magnetic Fuel Conditioner (2016) 2015 International Conference on Sustainable Mobility Applications, Renewables and Technology, SMART 2015

39. Rama Krishna Prasad, Pinchuka Srinivas, Nagendra Babu Dyna, Performance and emission analysis of VCR diesel engine through fuel ionization under influence of magnetic field // International Journal of Research. 2018. Vol. 7. Iss. 6. P. 11-17

40. Roman Kulesza Ionization by magnetic induction for diesel fueled engines
// Patent US20130327304

41. A Raj Kumar and G Janardhana Raju Experimental Investigation on
Magnetic Conditioning of Diesel to enhance the Performance and Emissions of DI
Diesel engine // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1057 2021

Приложения

Приложение А (справочное)

Part 1

Research of the influence of a constant magnetic field on the low-temperature properties of diesel fuels (literary review)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ02	Валиуллина Рауза Ренатовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОХИ ИШПР	Попок Евгений Владимирович	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ	Надеина Луиза Васильевна	к.филол.н.		

1 Diesel fuel

In this chapter, foreign sources, patents, and monographs related to the subject will be considered. To begin with, we will give a brief information about the diesel fraction and diesel fuel.

Diesel fuel belongs to the fuel of the greatest demand after gasoline. Internal combustion engines run on diesel fuel. The scale of diesel fuel use is global, it is used in railway, automobile (freight and passenger), water and agricultural transport. Also diesel fuel is used for mobile and stationary power plants, in boilers of heating systems.

In 2020, 77,868,7 thousand tons of diesel fuel were produced in Russia [2].

Diesel fuel is an oil fraction based on hydrocarbons with a boiling point of 200...350C. It is transparent and more viscous than gasoline, a yellow or light brown liquid (depending on the resin content in it) with a density of 0.80 ...0.83 kg/m³ [1].

Direct distillation, as well as catalytic cracking of kerosene fractions of oil, make it possible to get automotive diesel fuel. The resulting fuel consists mainly of kerosene, gas oil fractions, in a rare case ligroin. To reduce the sulfur content, hydrotreating and dewaxing are used.

Because of this, diesel fuel in its chemical composition is a complex mixture of alkanes (10-40%), cycloalkanes (20-60%) and aromatic compounds (14-30%) and their derivatives [1]. Diesel fuel consists mainly of saturated hydrocarbons. There may also be mechanical impurities, resinous compounds, water and sulfur compounds in the composition of diesel fuel. Their number is, of course, minimal. Depending on the boiling point of the fraction, the percentage of aromatic hydrocarbons to aliphatic varies. Thus, with an increase in the boiling point of the fraction, the proportion of aromatic hydrocarbons can reach 47%. The average molecular weight of diesel fuel is in the range from 110 to 230 [1].

As mentioned earlier, the influence of magnetic treatment on fuel, in particular diesel, is widely considered in scientific papers in many countries. There are synonyms of "magnetic processing" in some works. This process is also called "magnetization", "magnetic activation", "magnetic conditioning", "magnetic induction". In some works,

the use of a magnet is considered in order to reduce fuel consumption, in others to reduce harmful emissions. There are also works whose purpose is to improve the performance of a diesel engine. The purpose of this work – to study the effect of a constant magnetic field on the low-temperature properties of diesel fuel. And, unfortunately, this topic is not as widely disclosed as we would like it to be.

Diesel is combination of hydrogen and carbon molecules. They form pseudo compounds due to various attractive forces which can combine into groups. The molecular structure is comparatively constant throughout; in air-fuel blending method oxygen is not mixed properly which leads to improper combustion of diesel and results in creation of carbon emissions pumped into atmosphere. It was established that diesel is ionized when subjected to magnetic field. The magnetic conditioning allows fast mixing with the oxygen and leads to complete combustion fuel. In addition, the magnetic treatment permits the tough bonding with the oxidizing medium that suggest further complete and best potential combustion of the hydrocarbons. The effect of magnetic conditioning diesel promotes better burning of fuel as a result improved brake power and decreased consumption of fuel. Further effect is improved combustion and decreased exhaust emissions of carbon particulate, CO and UBHC.

The improper oxidization of carbon molecules forms HC and Carbon monoxide are deposited on the walls of the engine cylinder as black carbon residue [30, 31]. Deshmukh [32] in research found out that the intensity of the magnetic field acting on the fuel line improves the properties of the fuel. In particular, it reduces the number of emissions, increases productivity of fuel. Chaware [33] broadly examined the ionization effect and reported the influence of magnetic conditioning on fuel properties. Rashid [34], observed the influence of magnetic conditioning on unleaded gasoline, reported that the result of magnetic field on Carbon monoxide was the mainly significant at majority of engine's loads. In the present study, focus is on magnetic treatment method that results the improvement in performance, and emission reduction in diesel engine application.

In order to delve more into the subject, to consider all aspects of the influence of magnetic processing, the task was set to study foreign sources that describe the effect

of a constant magnetic field on other characteristics of diesel fuel, on the operation of the engine as a whole.

To begin with, let's consider the concept of "magnetic field", look at properties of the magnetic field.

2 Magnetic field

A magnetic field is a force field acting on moving electric charges and bodies with a magnetic moment.

Properties of the magnetic field [14]:

- occurs as a result of changes in the electric field over time;
- the magnetic induction vector is the main value characterizing the intensity and direction of the magnetic field, measurements are made in Tesla [Tl];
- formed only when the charge is moved;
- measured by special devices – sensors, not perceived by human senses;
- propagates in space with a finite velocity equal to the speed of light in a vacuum;
- constant and variable type of action.

The magnetic field is called constant if the value of the magnetic induction vector does not change with time at each of its points. Such a field exists around a fixed conductor with a constant current or a fixed magnet.

Sources of the magnetic field [14]:

- time-varying electric field;
- mobile charges;
- permanent magnets.

In the next chapter we will consider the mechanism of action of the magnetic field on hydrocarbon fuel.

3 Mechanism of action of magnetic field on diesel fuel

For the most part, the low-temperature properties of diesel fuel are influenced by paraffins, since they have the highest pour point.

Diesel fuel can be considered as a colloidal system, where the dispersed phase consists of nuclei of high-molecular paraffins, on the surface of which paramagnetic resin molecules are adsorbed. Paramagnetism of resin molecules is caused by uncompensated electron spins.

During a decrease in temperature, the paraffins that make up the fuel begin to react (crystallize) first of all. They serve as centers of crystallization. Prior to magnetic treatment, paraffin compounds are randomly distributed throughout the volume and some may form larger globule associates, thereby reducing the number of crystallization centers. After magnetic treatment, a certain order is achieved, characterized by a sharp increase in the crystallization centers of paraffins due to the destruction of supramolecular structures, a more detailed explanation is given below. That is, the dispersion of the system increases. Smaller paraffin particles during crystallization have less effect on the system as a whole, reducing the solidification temperature. When fuel is passed through a magnetic field, its molecules are rearranged, and intermolecular forces are significantly reduced, and this facilitates their adhesion to oxygen, which leads to complete combustion in the combustion chamber. This procedure leads to better fuel consumption and reduced emissions of hydrocarbon compounds, carbon monoxide and increased carbon dioxide emissions. Fuel ionization also helps to dissolve the carbon deposits accumulated in the fuel injectors, and the combustion chambers, thus, maintain the engine in a clean state. Figures 1 and 2 represent the effect of magnetic field on the fuel particles [35].

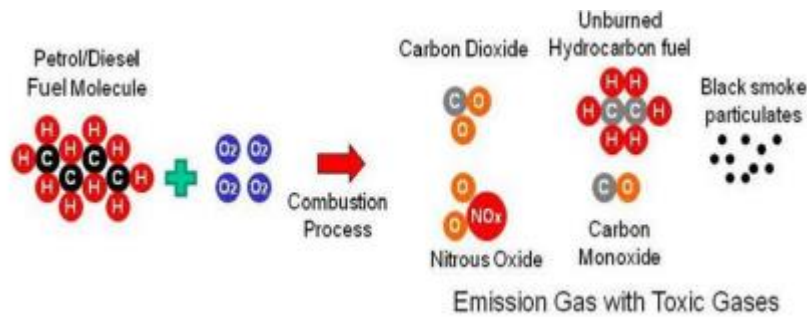


Fig.1 Incomplete combustion process without magnetic fuel [35]

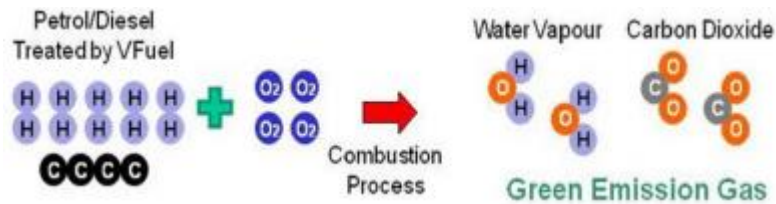


Fig. 2 Schematic view of magnetic field and complete combustion [35]

Before the treatment with magnets, the particles do not have an electric charge. As a result of processing, uncompensated spins are oriented in an external magnetic field in the direction of the field vector. Due to this, the mutual arrangement of molecules and supramolecular formations changes, restructuring occurs with the formation of a more ordered system with a large number of dispersed particles, as mentioned earlier. It is worth noting that after magnetic treatment, the viscosity of the oil product and the surface tension also decrease.

The authors of some papers adhere to a different theory based on the Lorentz force. It is believed that hydrocarbon fuel contains charged particles that respond in an external magnetic field. Under the influence of force, they begin to move and in a certain direction. The force of the magnetic field - the Lorentz force - acts on a point charged particle and is directed perpendicular to the vector of motion of the charged particle. As a result, the associates are divided into smaller fragments, the system becomes more dispersed. However, as it is known, diesel fuel consists of nonpolar hydrocarbons organized by covalent bonds [7]. Thus, the Lorentz force cannot affect the system in any way.

In their works, the authors usually regulate such parameters as the magnitude of magnetic induction, the speed of fluid movement through the core, the ambient temperature and the number of magnetic field crossings. By varying the variables, the authors conclude about one or another dependence.

The most significant effect of the magnetic field is at the rate of crossing the active gap by hydrocarbon raw materials in the range of values from tenths to hundredths of a meter per second.

4 Using magnetic processing

Magnetic processing usually finds the following applications - reduction of harmful emissions, reduction of fuel consumption, improvement of fuel characteristics. Let's look at each item separately.

4.1 Using magnetic processing to reduce fuel consumption

Fuel costs account for a significant share in the cost of production, therefore, the improvement of fuel-saving technologies has a significant economic and social effect. Magnetic treatment is considered to be one of the unconventional methods of fuel treatment. As it turned out, the use of a permanent magnetic field reduces fuel consumption, the content of unburned hydrocarbons and carbon monoxide in it, increases the thermal effect of the engine. Magnetic treatment reduces the density, viscosity, surface tension and increases dispersion of diesel fuel [7] By the insertion of permanent magnets, the diesel atomizes into tiny droplets due to de-clustering the hydrocarbon molecules. Which makes the fuel actively, mixes with the oxygen, cause complete combustion inside the engine cylinder.

Many works were devoted to the topic of reducing diesel fuel consumption. The patents found differed only in the design of the magnetic processing device. The principle of operation and placement are similar.

The devices described in the patent are necessary to activate various types of fuel, for example, gasoline, diesel fuel, kerosene, fuel oil, natural gas [15]. Depending on the aggregate state of the fuel, the desired design of the device is selected. Figure 3 shows the configuration used for liquid or gaseous fuels. Let's consider it in more detail.

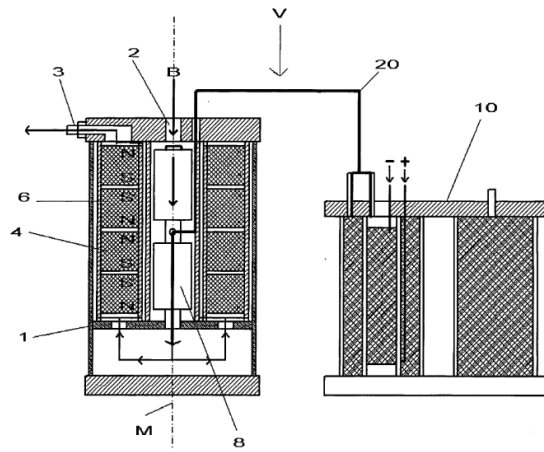


Fig. 3 Device for different types of fuel with magnetic treatment [15]

Fuel B flowing through the magnetization chamber 1, on one side of which is activated through the housing of a permanent magnet 4. Further activation is due to the mixing of hydrogen and oxygen in the mixing chamber 8. The hydrogen-oxygen mixture is obtained here in the electrolyzer 10 by electrolysis from water and along the line 20 is supplied to the mixing chamber 8. Hydrogen and oxygen dispersed and / or dissolved in fuel B in the mixing chamber 8, and then fuel B, enriched with hydrogen and oxygen, slowly passes, as shown by the arrows in the figure [15].

Thanks to this design, fuel efficiency increases by more than 30% [15].

The second work of another author describes a device with a permanent magnet for reducing fuel consumption by a diesel engine, placed on diesel engine injection devices, preferably consists of at least two permanent magnets located opposite each other (Figure 4) [36].

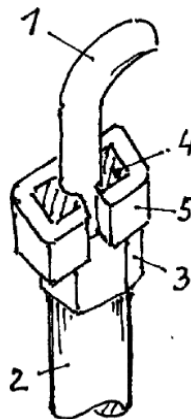


Fig. 4 Permanent magnetic device for reducing diesel engine fuel consumption [36]

The efficiency of such a device is somewhat reduced in comparison with the previous model, but it is worth noting that such a design has its advantages. For example, simplicity of design, easy operation, low cost.

The authors of the work [37] achieved the following results: for (C.I. engine), the present of (CO₂ and HC) by using magnetic field was lower than without using by about (7.8%, 10.8%), respectively. Focusing on emission, it was found that CO of the (C.I. engine) decreased when the engine speed was increased and the using of magnetic field reduced the amount of the present of (CO) by about (13.8%).

Interesting results can be achieved with magnetic treatment of a mixture of diesel fuel and biodiesel. In one of the works [38] it discusses the effect of using waste-cooking-oil-biodiesel with/without the use of Magnetic Fuel Conditioner (MFC) on the performance and emission characteristics of a 4-stroke, direct injection, water-cooled compression ignition engine at full load. The authors of the work achieved a reduction in fuel consumption by almost two times.

So, most authors agree on the positive effect of magnetic treatment on diesel fuel. The authors [39] note that the effect of magnetic treatment increases with the growth of magnetic induction from 0.8 to 1.1 Tl, while the greatest effect is obtained with low motor loads.

4.2 Using magnetic processing to reduce harmful emissions

Before proceeding to the description of the found works, it should be said that in any case, reducing fuel consumption will lead to a reduction in harmful emissions.

The exhaust emissions of all I.C engines contains of CO, CO₂ and nitrogen oxides. These harmful gases react with atmosphere air and forms smog. Research in the medical field has confirmed the regularity of diesel fuel emissions and lung cancer in non-smokers, as well as the failure of some organs. Research is still going, there is a possibility that diesel emissions cause other harmful side effects.

The conventional hydrocarbon fuel releases natural carbon particles which clog the fuel injector, resulting lower efficiency and wastage of fuel. Majority of internal

combustion engines are working with liquid fuels, they do not participate in chemical reaction until they are vaporized and mixes with the air. The exhaust emissions of all I.C engines contains of CO, CO₂, UBHC and nitrogen oxides. These harmful gases react with atmosphere air and forms smog. All the conventional fuels are compounds of hydrocarbon molecules. With installation of magnets on fuel lines the hydrocarbon molecules are ionized and realigned. One of the consistent strategies, which tend to increase the performance, combustion and decrease the emissions is magnetization method. Most of the fuels for Internal Combustion Engines are liquid fuel, these liquid fuel when undergo the vaporization and mixes thoroughly with air will participate in the combustion and heat energy releases in the combustion chamber.

In addition, incomplete combustion of fuel negatively affects the operation of the engine, which leads to unnecessary costs, and also brings disadvantages because of equipment downtime. Such a system is being developed, with the help of which a more complete combustion of fuel will be observed, respectively, a reduction in fuel consumption, a reduction in harmful emissions into the atmosphere.

The invention, which we will consider in more detail, is able to meet the specified criteria reduces the amount of harmful substances emitted into the atmosphere during engine operation. All this also helps to reduce the carbon footprint. The device is aimed at increasing the completeness of combustion. Pilot tests showed that the smoke opacity of the truck's diesel engine was reduced by 66% within one hour after the installation of the magnetic treatment device. In addition, EPA-approved equipment showed lower smoke opacity rates for other diesel engines in tractors, trucks and buses when this device was installed.

The device consists of rare earth metals whose crystal structures are characterized by magnetic anisotropy. Anisotropy is the difference in properties depending on the direction. So the metal is magnetized in one direction, but not magnetized in the other.

The development was carried out taking into account the availability of all components of the device. The atomic numbers of the selected metals range from 57 to 71.

Like many developments in this field, the device is placed on the outer part of the fuel line.

This device aligns the structure of hydrocarbons, increases the dispersion of the system, increases the polarization of the system. This reduces the toxicity of diesel fuel use, as fuel burnout improves. The use of the device reduces the amount of fuel consumed, which contributes to savings, and the device also reduces operating costs by reducing downtime.

Let's inspect the magnetic ionization device (Figure 5), which is stated in the work [40]. It contains a pair of brackets that are connected to each other and fixed on the fuel line, and a rare earth metal connected to the bracket.

The bracket has a V-shaped shape, contains a recess to accommodate part of the fuel line [40]. After placing the rare earth metal in the brackets, the device is covered with a protective layer for the magnet from aggressive environments. In particular, plastic and powdered metal can serve as a layer. After that, the device is fixed around the fuel line with the help of ties.

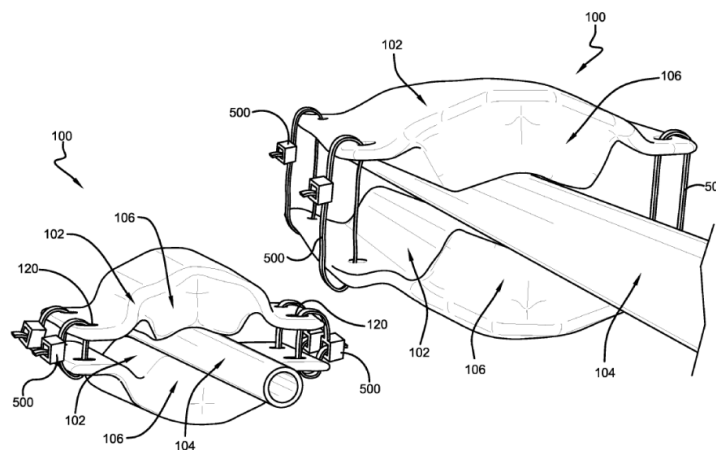


Fig. 5 Device with magnetic treatment [40]

Thus, the described device removes the amount of toxic emissions of diesel fuel using magnetic processing.

In the work [35] was considered the effect of magnetic field on the boiler performance fueled with diesel. From the experimental result show an improvement in boiler performance after the fuel subjected to a magnetic field. The fuel consumption

is decreased by (3.675%). The exhaust gas emission showed a reduction nearly by (38.04%) in CO, (21.89%) in HC. An increase by (3.432%) in CO₂ and by (4.34%) in the exhaust temperature were observed. The tests results indicate an improvement in fuel combustion of the fuel resulted in lower fuel consumption and CO and HC concentrations and Higher CO₂.

Because of magnetic treatment, it is possible to achieve a reduction in the density of exhaust gases by 15% [39]. The composition of exhaust gases is also changing the carbon monoxide content is reduced by a quarter, the amount of unburned fuel by 30%. The authors do not agree on nitrogen oxides. Thus, in some studies, information was found that the content of nitrogen oxides in the exhaust gases increased by 18-20%, in others – no changes, and thirdly - a decrease of 5%. Perhaps this difference is due to the selected load on the motor and the selected installation location of the magnetic device.

Hydrocarbon emissions of the various magnetic conditioned fuels are less than the conventional fuel due to the improved chemical reactions. It is noticed that with improvement in magnetic field intensities the hydrocarbon emissions are reduced accordingly. The magnetic field intensity 12,000 Gauss has 15.73 % lower hydrocarbon emissions than the normal diesel engine [41]. Let's consider the influence of the magnetic field on other characteristics of diesel fuel.

The main reason for production of CO is due to the lack of adequate oxygen [6]. It is noticed that carbon monoxide enhances with enhance with engine load, due to increase in high rate of dissociation reaction. From the results it is noticed that 12,000 Gauss intensity projects 19.8% less CO production than diesel [41].

The engine releases the oxides to atmosphere are the mixture of oxides and dioxides of nitrogen. Nitrogen reacts with oxygen at high temperature and produces the NO_x. Hence high temperature and adequate oxygen are the main factors for creation of NO_x. It is observed that 12,000 Gauss magnetic intensity produces 12.4 % higher than normal diesel engine [41].

The quantity of soot produced relay upon the fuel type and quality of combustion. By adopting magnetic treatment of fuel the combustion is effective and

produces lower smoke to the environment which is visible. It is observed from the figure that smoke opacity is 8.23% lower for the 12,000 Gauss magnetic intensity when compared with the normal diesel engine [41].

4.3 Influence of magnetic treatment on other characteristics of diesel fuel

Many authors, articles, patents related to magnetic treatment of diesel fuel have already been mentioned in the work. The topic is relatively new, research is still underway to find more suitable models of devices, lightweight design combined with optimal mode and high efficiency.

The authors note that there is a relationship between the efficiency of magnetic processing and the magnitude of induction. Thus, with an increase in induction from 0.8 to 1.1 Tesla, the processing efficiency increases. At the same time, the greatest effect is achieved at low engine loads.

Recently, there has been a tendency to use alternative fuel sources. So classic diesel fuel is mixed with biodiesel, a fuel obtained artificially because of a chemical reaction. A mixture of diesel pulp and biodiesel was subjected to magnetic treatment, the proportion of biodiesel ranged from 0% to 20%. The resulting effect was superior to the effect obtained from the treatment of classic diesel fuel.

The key observations of the experiment relate to the amount and composition of exhaust gases. As mentioned above in some articles, paragraphs, the authors of articles, patents do not agree with each other. This discrepancy may be because of the use of different methods and evaluation criteria. Also, the conditions of the experiment contribute to the results obtained, and they usually provide very little information about the conditions.

Usually, the authors of the papers influence the flow of the tested liquid by varying such indicators as the magnitude of magnetic induction, the flow rate of the liquid, the temperature of the medium.

5 Conclusion

In conclusion, it should be said that all authors, regardless of the trajectory of their work, agree on one statement – magnetic processing has a positive effect on diesel fuel. The variation in the efficiency of magnetic processing is explained by the fact that approaches, terminology, methods and evaluation criteria are often very different. Strict comparison of test results is difficult, since fragmentary information is provided about the conditions of the experiments.

The authors agreed that with an increase in the magnetic field induction, the average particle size of the dispersed phase, density, viscosity and flash point of the tested diesel fuel decreases.

The influence of magnetic treatment of diesel fuel on quality indicators has been investigated and a positive effect has been revealed both on the dispersed state of the diesel fraction and on its operational properties. The maximum effect was achieved when treated with a magnetic field with an induction value of 0.4 Tl [39].

The advantages of magnetic treated fuel are noteworthy since the results show that replacement of the diesel fuel with magnetic conditioned can be able with slight or no harmful effect. In addition, it is service free and one-time insertions which will improve the brake thermal efficiency of the engine as well as saves harmful exhaust gases.