

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский томский политехнический университет»

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: Химическая технология 18.03.01  
 Отделение химической инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Влияние физико-химических свойств дизельных фракций на эффективность действия цетаноповышающей добавки</b>

УДК 665.753.4.038

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кривцова Надежда Игоревна	К.Т.Н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Т.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А.А.	К.Т.Н		

По экспериментальной части

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Францина Е.В.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	К.Т.Н., доцент		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский томский политехнический университет»

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: Химическая технология 18.03.01  
 Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ (Подпись)    \_\_\_\_\_ (Дата)    Юрьев Е.М. (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван

Тема работы:

Влияние физико-химических свойств дизельных фракций на эффективность действия цетаноповышающей добавки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 153-53/с от 01.06.2020
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: пробы дизельного топлива с различными физико-химическими свойствами, цетаноповышающие присадки.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, в аналитической части описать использованное оборудование, представить методики проведения экспериментов; проанализировать полученные результаты, сделать заключение по работе.
<b>Перечень графического материала</b>	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович

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

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кривцова Надежда Игоревна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван

<b>Школа</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>
Уровень образования	Направление/специальность
Бакалавриат	Химическая технология (18.03.01)

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

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами по городу Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент - 1,3; - коэффициент доплат – 0,15; - накладные расходы – 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
Формирование плана и графика разработки проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение затрат на проектирование (смета затрат)
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Календарный план график проведения работ
2. Матрица SWOT

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение химической инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология (18.03.01)

Тема ВКР:

<b>Влияние физико-химических свойств дизельных фракций на эффективность действия цетаноповышающей добавки</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования – прямогонное дизельное топливо, цетаноповышающие присадки, свойство цетанового числа дизельного топлива по плотности, вязкости, фракционного состава, молекулярной массы, содержания серы в дизели.</i></p> <p><i>Рабочая зона – химическая 134 лаборатория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета.</i></p> <p><i>Область применения – нефтехимическая промышленность</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ТК РФ, N 197-ФЗ</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548-96.</li> <li>– СНИП 23-05-95</li> <li>– ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ</li> <li>– ГОСТ Р 22.0.02-94</li> <li>– СП 60.13330.2016</li> </ul>
<p><b>2. Профессиональная социальная безопасность:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отклонение показателей микроклимата в помещении</li> <li>2. Недостаточная освещенность-рабочей зоны</li> <li>3. Повышенный уровень шума</li> <li>4. Повышенный уровень вибрации</li> </ol>
<p><b>3. Пожаровзрывобезопасность:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Организационные мероприятия</li> <li>2. Эксплуатационные мероприятия</li> <li>3. Технические и конструктивные</li> </ol>
<p><b>4. Экологическая безопасность:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охрана человека и окружающую среду от токсичных изельного топлива и присадок.</li> <li>2. Охрана атмосферного воздуха</li> </ol>
<p><b>5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Перечень возможных ЧС</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опасность электропоражения</li> <li>2. Пожары</li> <li>3. Опасно при использовании токсичных химикатов</li> </ol>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А. А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д6В	Фам Тхи Бао Ван		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 85 с, 10 рисунков, 22 таблиц.

Ключевые слова: Дизельное топливо, цетановый индекс, присадки, физико-химические свойства.

Объектом исследования являются прямогонные дизельные фракции, полученные на разных НПЗ.

Цель данной работы: исследовать физико-химические свойства дизельных топлив и изменение цетанового числа при добавлении присадок.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Исследование физико-химических свойств дизельных топлив различных нефтеперерабатывающих заводов;
- Выбор присадок для повышения цетанового числа в соответствии с требованиями;
- Подбор наиболее подходящей присадки для повышения цетанового числа дизельного топлива и ее количества в зависимости от физико-химических свойств дизельных топлив.

Область применения: лаборатории, и нефтеперерабатывающие предприятия, для получения дизельного топлива с заданными параметрами цетанового числа.

Экономическая значимость работы заключается в разработанных методиках, которые могут быть использованы для прогнозирования ценовых чисел, без вмешательства в работу установки.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	12
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	14
1.1 Получение дизельного топлива .....	15
1.1.1 Первичная переработка нефти.....	17
1.1.2 Вторичная переработка нефти.....	18
1.2 Основные требования к дизельному топливу .....	20
1.3 Основные эксплуатационные и физико-химические характеристики дизельных фракций.....	23
1.3.1 Цетановое число.....	23
1.3.2 Плотность топлива.....	25
1.3.3 Вязкость топлива .....	25
1.3.4. Фракционный состав .....	26
1.3.5 Низкотемпературные свойства.....	26
1.4 Групповой состав дизельных топлив .....	27
1.5 Присадки к дизельным топливам .....	28
1.5.1 Цетаноповышающие присадки.....	28
1.5.2 Моющие присадки .....	30
1.5.3 Депрессорные присадки .....	32
1.5.4 Антистатические присадки .....	33
1.5.5 Противоизносные присадки.....	34
1.5.6 Противопенные присадки .....	35
1.5.7 Присадки для повышения стабильности при хранении ( антиоксиданты ) .....	36

1.5.8 Бицидные присадки .....	38
1.5.9 Присадки в дизельное топливо для уменьшения количества черных дымов в выхлопных газах .....	38
1.5.10 Присадки диметилового эфира (ДМЭ) .....	38
2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	40
2.1 Объекты исследования .....	40
2.2 Методы исследования .....	40
2.2.1 Определение плотности .....	40
2.2.2 Метод определения вязкости нефтепродуктов .....	42
2.2.3 Определение молекулярной массы нефтепродуктов криоскопическим методом .....	43
2.2.4 Метод определения фракционного состава (10%, 50%, 90%) .....	44
2.2.5 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах .....	46
2.2.6 Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом по ГОСТ 27768-88 .....	47
2.2.7 Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом по стандарту ASTM .....	49
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ .....	51
3.1 Сравнение методов расчета цетанового индекса дизельных топлив и выбор наиболее точного метода расчета .....	51
3.2 Цетановые числа с присадками .....	53
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	58
4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования .....	58

4.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	59
4.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	59
4.4	Бюджет проводимого исследования .....	62
4.4.1	Расчет материальных затрат .....	62
4.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы .....	63
4.4.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	64
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	65
4.4.5	Накладные расходы .....	65
4.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	66
4.5	SWOT-анализ.....	67
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	71
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	71
5.2	Профессиональная социальная безопасность .....	73
5.3	Пожаровзрывобезопасность.....	74
5.4	Экологическая безопасность.....	76
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	79
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мир стремится к дизельному двигателю. Поэтому дизельное топливо используется более широко, чем бензин. Использование дизельных двигателей имеет много преимуществ по сравнению с бензиновыми двигателями, так дизельные двигатели имеют более высокую степень сжатия, чем бензиновые, они производят больше энергии при использовании того же количества топлива. С другой стороны, дизельное топливо дешевле бензина.

Дизельное топливо - жидкое топливо, оно производится из сырой нефти, тяжелее бензина и керосина. Дизельное топливо также является основным продуктом нефтеперерабатывающего завода. В настоящее время производство дизельного топлива во Вьетнаме относительно остальных видов топлива составляет 25 процентов в год.

Дизельное топливо в основном используется для дизельных двигателей (автомобильные, железнодорожные, водные пути) и частично используется для газовых турбин (в производстве электроэнергии, строительстве и т. д). Дизельное топливо получают не только путем дистилляции, но также путем смешивания фракций дизельного топлива непосредственно с дегидрированным дизельным топливом, керосиновой фракцией и присадкой. Они добавляются в процессе смешивания. Качество дизельного топлива оценивается по содержанию серы, низкотемпературным свойствам и цетановому числу.

Причем для определения эксплуатационной характеристики дизельного топлива используется цетановый индекс. Это чрезвычайно сложное свойство. Чтобы разработать оптимальную рецептуру для смешения дизельного топлива, а также для эффективного планирования и управления производством этого продукта, нам необходимо разработать методы для точного расчета цетанового индекса дизельного топлива.

Чтобы повысить качество дизельного топлива, люди часто готовят такие добавки, как: цетаноповышающие, моющие, депрессорные, противоизносные присадки. Топливные присадки улучшают начальные свойства топлива при хранении, транспортировке и использовании, способствуют обеспечению процесса сгорания, снижению вредного воздействия на механизмы и аппаратуру, позволяют использовать топлива при более низких температурах и т.д

Таким образом, целью данной работы является подбор наиболее оптимальной цетаноповышающей присадки к дизельным топливам в зависимости от их физико-химических свойств.

Объектом исследования в данной работе являются прямогонные дизельные топлива, цетаноповышающие присадки.

Предмет исследования – цетановый индекс дизельных топлив, охарактеризованных по плотности, вязкости, фракционному составу, молекулярной массе, содержанию серы.

## 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В природе нефть находится в форме маслянистой, легко воспламеняющейся жидкости. Нефть - это очень сложная смесь многих веществ (их сотни). Различия в количестве и содержании соединений в нефти и газе приводят к различиям в составе нефти на разных месторождениях и по сравнению с другими полезными ископаемыми.[1]

Химические компоненты в нефти: соединения в нефти - это в основном органические соединения, которые являются природными углеводородами. Помимо этих основных соединений, существуют неуглеводородные соединения, которые представляют собой вещества, отличные от С, Н в молекуле, но также и другие элементы, такие как S, О, N или даже металлы. [1]

Углеводороды являются основными составляющими нефти. Основными компонентами нефти являются углеводородные соединения. В сырой нефти эти соединения могут составлять до 90% от веса нефти, а в природном газе может составлять до 98-99%. Почти все типы углеводородных соединений присутствуют в нефти, кроме этого олефинов, которые не существуют в большинстве видов сырой нефти или очень малы. Число атомов углерода в цепи составляет от 1 до 60 или выше. Ниже перечислены наиболее распространенные углеводороды в нефти.

Нефть может быть с преобладаем следующих типов углеводородов: парафиновых, парафино – нафтеновых, нафтеновых, парафино – нафтено – ароматических, нафтено – ароматических и ароматических.

Наиболее распространенными неуглеводородными компонентами в нефти являются  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ , He, Ar, (в природном газе) и соединениях серы, азота, кислорода, пластических соединений, асфентена и металлов в нефти (Ni, Va, Fe, Cu, Pb)

К нефти относят различные фракции:

- ❖ Газовая фракция состоит из углеводородов из  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$

- ❖ От  $T_{н.к.}$  до  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  : бензиновая фракция;
- ❖  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$  : керосиновая фракция;
- ❖  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $220\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) : дизельная фракция (газойль).
- ❖  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $420\text{ }^{\circ}\text{C}$  : легкий масляный дистиллят
- ❖  $420\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ : тяжелый масляный дистиллят
- ❖ Выше  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ : дудрон, битум.

Фракция бензина, керосина, газойля являются светлыми продуктами, поэтому их называют белыми продуктами и перегоняют при атмосферном давлении. Мазут необходимо перегонять в вакууме. С различными типами сырой нефти показатели фракции отличаются. Даже на одном и том же месторождении нефть, добываемая на разных глубинах, также имеет разные фракции.

Так, дизель является основным топливом, используемым в транспортной отрасли. В настоящее время наблюдается тенденция к дизелизации двигателей из-за ряда преимуществ этого топлива по сравнению с бензином. Производство чистого дизельного топлива необходимо для жизни.

### **1.1 Получение дизельного топлива**

Дизельное топливо представляет собой массовые моторные топлива, которые исполняют автомобили, тракторы, тепловозы, тягачи и водный транспорт. Они вырабатываются в количестве до 28-30% от общего объема перерабатываемой нефти.

Специфические требования к дизельным топливам обусловлены особенностями образования топливовоздушной смеси и ее самовоспламенения в дизельных двигателях. Оно используется также в основном для дизельных двигателей (автомобильные, железнодорожные, водные пути) и частично используется для газовых турбин (в производстве электроэнергии, строительстве и т.д.).[2]

Для России и других стран с холодным климатом в мире, дизельное топливо делится на зимнее и летнее дизельное топливо. Марка Л - это летнее ДТ для температуры воздуха 0 °С и выше; марка З - это зимнее ДТ, которое делится на двух видов: температуры воздуха не ниже минус 20 °С и температуры воздуха минус 30 °С и ниже; марка А –это арктическое ДТ для температуры воздуха минус 50 °С и ниже. Одна из этих марок может быть содержать не более 0,2 масс.% серы (малосернистое топливо) и не более 0,5 масс. % серы ( сернистое топливо). [2,3]

Во Вьетнаме дизельное топливо делится на 2 вида. Первым видом дизельного топлива является 500S ( т.е содержание серы не более 500 мг / кг или 500 ppm), применяемое для дорожных транспортных средств. Второй вид имеет 2500S (т.е содержание серы не более 2500 мг / кг или 2500 ppm), используемое для водного транспорта.[4]

Цвет нефтепродуктов представляет собой внешнее, наглядное, проявление их химического состава, например содержания смол и асфальтенов, они имеют сильные красящие свойств. Все олефиновые углеводороды и продукты окисления также придают темный цвет нефтепродуктам. По цвету можно оценить степень очистки нефтепродуктов от нежелательных углеводородов: чем тяжелее по фракционному составу нефтепродукт, тем больше в его составе смол и асфальтенов и тем он темнее по цвету. Цвет по дизельным топливам, вакуумным газойлем, котельным топливам, нефтяным маслам, парафинам и другим определяются с помощью оптических колориметров путем сравнения цвета испытуемого образца и цвета эталонов ( например, на колориметрах типа ЦНТ, КНС, ( ГОСТ 2667-82, ГОСТ 25337-82, ГОСТ 20284-74). Существуют диаграммы для перевода цвета в единицах ЦНТ в единицы NPA ( Color test ASTM D 1500), а также в цветовые марки других стандартов, например, европейских стран ISO 2049. [5]

Существует множество способов получения дизельного топлива. Большинство это перегонка из нефти и выделение из тяжелых фракций, но



современные технологии позволяют использовать для создания горючего и другие материалы, в т. ч. природный газ, растения, водоросли. Классическая технология, применяющаяся повсеместно на протяжении всего XX столетия, разделяется на несколько этапов.

### 1.1.1 Первичная переработка нефти

Первый процесс известен как дистилляция. В этом процессе сырая нефть нагревается и подается в ректификационную колонну. Схема ректификационной колонны показана на рисунке 1. При повышении температуры сырой нефти в дистилляционной колонне сырая нефть разделяется на различные компоненты, называемые «фракциями», которыми являются легкие и тяжелые бензиновых фракции, керосиновую фракцию, дизельную фракцию и остаток атмосферной перегонки — мазут. Каждая фракция соответствует разному типу нефтепродукта в зависимости от температуры, при которой эта фракция испаряется из смеси сырой нефти. [5]

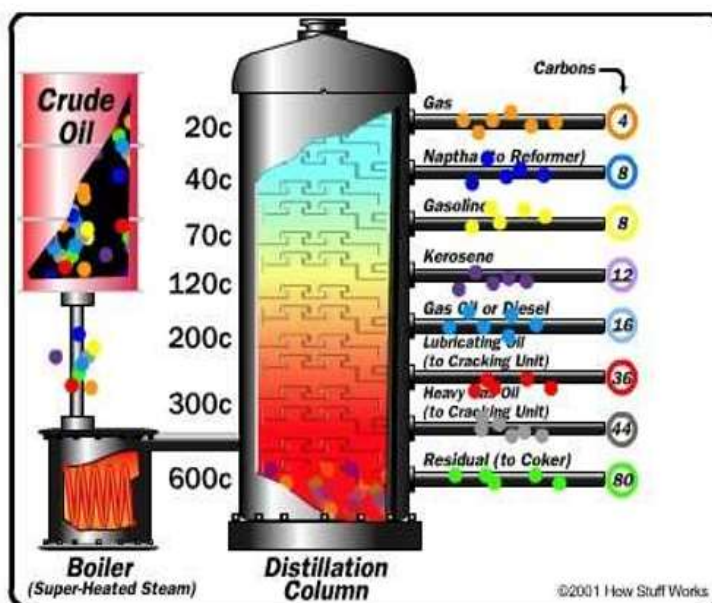


Рисунок 1- Диаграмма разделения сырой нефти

### 1.1.2 Вторичная переработка нефти

Крекинг - это процесс разрыва углеродных цепочек углеводородов больших молекул на маленькие молекулы. В нефтяной технологии этот процесс используется для преобразования тяжелых фракций в легкие продукты, соответствующие диапазону кипения бензина, керосина и дизельных продуктов. Этот процесс можно проводить под действием температуры (термический крекинг) и катализа (каталитический крекинг).

Гидрокрекинг - это процесс разрыва цепей C-C с участием водорода и катализаторов, конечный продукт - насыщенные углеводороды. Это комбинация процесса каталитического крекинга исходных соединений и гидрирования вновь созданных ненасыщенных соединений.

Цель гидрокрекинга аналогично другим процессам переработки нефти, таким как риформинг, крекинг, изомеризация и т.д, которые также предназначены для переработки дистиллятов нефти в топливные продукты, смазочные материалы и полупродукты для нефтехимического синтеза.

Компаундирование (смешивание): на этой стадии продукты крекинга и прямой переработки смешиваются в необходимых пропорциях, также добавляются необходимые присадки. Именно благодаря этому можно получить разные марки дизельного горючего. Важный фактор, на который необходимо обращать внимание на данной стадии процесса – содержание серы в конечном продукте.

Процесс коксования заключается в получении нефти из тяжелых материалов, таких как гудрон, термический крекинг или каталитический крекинг. Этот процесс проводится при низком давлении и температуре от 450-520 °С.

Основным продуктом является кокс, используемый для выплавки алюминия, изготовления электродов, для других отраслей, таких как электроника,

телекоммуникации и т. д. Кроме того, были получены другие продукты, такие как бензин, газ и газойль.

Коксование является формой термокрекинга. Образование кокса обусловлено реакциями конденсации углеводородов с образованием высокомолекулярных соединений с высокой конденсацией ароматического кольца. Таким образом, если материал содержит много ненасыщенных колец, многие ароматические конденсатные кольца с длинными боковыми контурами, которые легко присоединяются к реакции конденсации, дадут наилучшую производительность и качество кокса. Вместимость и производительность кокса оцениваются по количеству, называемому кокс Conradson. Чем выше степень коагуляции, тем больше количества кокса. [5]

### Принцип работы дизельного двигателя

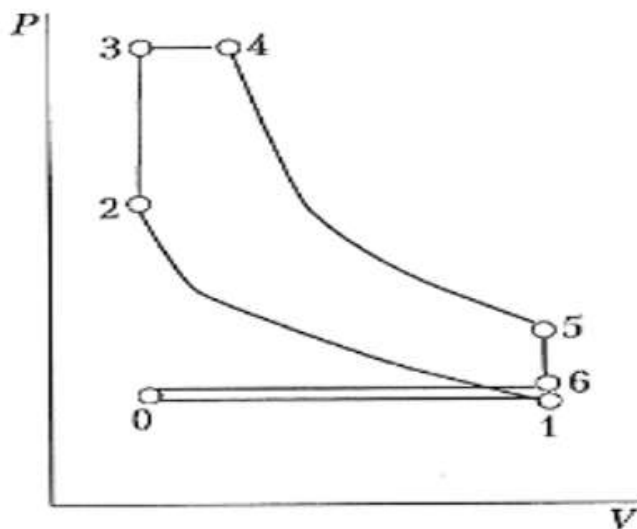


Рисунок 2 – Термодинамический цикл работы дизельного двигателя. Зависимость P-V.

Термодинамический цикл работы дизельного двигателя включает в себя: с момента, когда топливо начинает распыляться в камеру сгорания, пока оно не начнет гореть. Так что начало периода горения (отрезок 1-2), топливо поступает в воздух, нагретый до температуры 500-700 °С и давлении в цилиндре 40 кг/см<sup>2</sup>.

Время подготовки огня в дизельных двигателях составляет около 0,002 -0,003 с; Топливо интенсивно горит, при этом поршень продолжает подниматься, топливо продолжает распыляться, температура и давление резко возрастают. (отрезок 2-3), В среднем коленчатый вал поворачивается на один градус, давление увеличивается на 3-6 атм.; Расширение такта. Адиабатическое расширение горячих газов в цилиндре. (отрезок 3-4), происходит сгорание паров, поступающих от поверхности капель во фронт пламени; Далее происходит энтропическое расширение (отрезок 4-5); и выпуск отработавших газов (отрезок 5-6). Отрезки 6-0 и 0-1 соответствуют выталкиванию и всасыванию чистого воздуха. Поэтому поэтапно этап подготовки к самовоспламенению определяет рабочее состояние двигателя. [6]

## **1.2 Основные требования к дизельному топливу**

Для стабильной работы дизельного двигателя требуется дизельное топливо, обеспечивающее следующие критерии качества:

- Должны иметь подходящие свойства самовоспламенения: это свойство оценивается по цетановому числу.
- Способность создавать хорошую смесь для горения: Хорошее испарение и хорошее смешивание распыла оцениваются по фракционному составу, вязкости, плотности, поверхностному натяжению.
- Хорошая реология: для обеспечения непрерывности подачи топлива. Это требование оценивается по температуре помутнения, температуре застывания, механическим примесям, содержанию воды, полимеризаций.
- Меньше образования отложений: зависит от состава фракций, измеряемого кислотностью, серой, коррозией меди, меркаптаном .
- Пожарная безопасность и не загрязняет окружающую среду: по температуре вспышки.

- Менее коррозионный, способный защищать. Измеряется по кислотному числу, содержанию серы, коррозии меди, содержанию меркаптана.

Таблица 1 – Требования к характеристикам дизельного топлива по американским стандартам (ASTM) [4]

Характеристика дизельного топлива	Типы			Стандарт
	№ 1D	№ 2D	№ 4D	
1. Массовая доля серы, не более	500/2500	350	50	ASTM D 2622 ASTM D 5453 ASTM D 4294
2. Цетановое число				
- Цетановое число	-	48	50	ASTM D 613
- Цетановый индекс <sup>(1)</sup>	46	48	50	ASTM D 4737
3. Фракционный состав – 95% об. перегоняется при температуре не выше, °C	360	360	355	ASTM D 86
4. Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже, °C, min.	55	55	55	ASTM D 3828 ASTM D 93
5. Кинематическая вязкость при 40 °C, мм <sup>2</sup> /с	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5	ASTM D 445
6. Количество углеродного остатка в 10 %-ном (по объему) остатке от перегонки, % масс, max	0,30	0,30	0,30	ASTM D 189 ASTM D 4530
7. Температура застывания <sup>2)</sup> , °C, max.	+ 6	+ 6	+ 6	ASTM D 97
8. Содержание зол, % масс, max.	0,01	0,01	0,01	ASTM D 482
9. Содержание воды, мг/кг, max.	200	200	200	ASTM D 6304
10. Примеси в топливе, мг/л, max.	10	10	10	ASTM D 6217
11. Коррозия меди при 50 °C/3 h, max.	Тип 1	Тип 1	Тип 1	ASTM D 130
12. Плотность при 15 °C, кг/м <sup>3</sup>	820 – 860	820 – 850	820 – 850	ASTM D 1298 ASTM D 4052

13. Уровень смазки, мм, тах.	460	460	460	ASTM D 6079 ASTM D 7688
14.Содержание ароматических углеводов, % масс, тах.	-	11	11	ASTM D 5186 ASTM D 6591

Таблица 2 – Требования к характеристикам дизельного топлива в России по ГОСТ 305-82 [7]

Наименование показателя	Значение для марки	
	Л	З
Плотность при 15 °С, кг/м, не более	863,4	843,4
Цетановое число, не менее	45	45
Массовая доля серы, мг/кг, не более	500	500
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280
95% (по объему) перегоняется при температуре °С, не выше	360	340
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С не ниже	62	40
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм	3,0-6,0	1,8-5,0
Температура застывание, °С	-10	-35
Коксуемость, 10%-ного остатка, не более	0,3	0,3
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24	24
Содержание воды, мг/кг, не более	200	200
Кислотность, мг КОН на 100 см топлива, не более	5	5

Таблица 3 – Требования к характеристикам дизельного топлива во Вьетнаме по TCVN 5689:2005 [4]

Наименование показателя	Значение для марки	Метод испытания
-------------------------	--------------------	-----------------

	DO 500S	DO 2500S	
Плотность при 15 °С, кг/м, не более	830-860	830-860	D1298/TCVN6594:2000; D4052
Цетановое число, не менее	46	46	D4737
Массовая доля серы, мг/кг, не более	500	2500	D2622/TCVN 6701:2000;D5453
Фракционный состав: 90% перегоняется при температуре, °С, не выше	360	360	D86/TCVN 2698:2002
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С не ниже	55	55	D3828/TCVN 6608:2000; D93
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2-4,5	2-4,5	D445/TCVN 3171:2003;
Температура застывание, °С	+6	+6	D97/TCVN 3753:1995;
Коксуемость, 10%-ного остатка, не более	0,3	0,3	D189/TCVN 6324:1997; D4530
Зольность, %, не более	0,01	0,01	D482/TCVN 2690:1995;
Содержание примеси, мг/л, не более	10	10	D2276
Содержание воды, мг/кг, не более	200	200	ASTM E 203

### **1.3 Основные эксплуатационные и физико-химические характеристики дизельных фракций**

Дизельное топливо предназначено для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники.

Главное преимущество дизельных топлив – их высокая экономичность, они дешевле бензина, поскольку их получают в основном прямой перегонкой. [8]

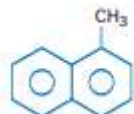
#### **1.3.1 Цетановое число**

ЦЧ является мерой того, насколько легко топливо начинает сгорать (самовозгораться) в условиях дизельного двигателя. Топливо с высоким цетановым числом начинает гореть вскоре после его впрыска в цилиндр; следовательно, оно имеет короткий период задержки зажигания. И наоборот,

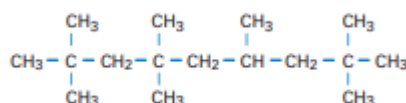
топливо с низким цетановым числом противостоит самовоспламенению и имеет более длительный период задержки зажигания.

Конкретные углеводороды были первоначально выбраны для определения шкалы цетановых чисел:

- 1-метилнафталину ( $C_{10}H_7CH_3$ ) (также называемому  $\alpha$ -метилнафталином), который плохо горит в дизельном двигателе, было присвоено цетановое число 0.



- н-гексадекану (цетану) ( $C_{16}H_{34}$ ), который хорошо горит, был присвоен цетановый номер 100.



Цетановое число топлива первоначально было определено как объемный процент н-гексадекана в смеси н-гексадекана и 1-метилнафталина, который дает те же периоды задержки воспламенения, что и у испытуемого образца. Например, топливо с цетановым числом 40 будет работать в двигателе так же, как смесь 40% н-гексадекана и 60% 1-метилнафталина. [9]

ЦЧ отражает не только воспламеняемость дизельного топлива, но и другие его качества: чем выше цетановое число, тем лучше пусковые качества топлива, тем менее длителен период задержки самовоспламенения, больше полнота сгорания топлива и меньше склонность к нагарообразованию. Самое низкое ЦЧ бициклические арены, циклоалканы и бициклоалканы занимают промежуточную позицию и, наконец, наиболее высокая цетановая характеристика – у нормальных алканов. Разветвленные алканы имеют более низкое ЦЧ, чем алканы нормального строения. Понижение ЦЧ вызывается также введением в молекулу углерода двойной связи.



В соответствии с ГОСТ Р 52368-2005 дизельное топливо для быстроходных двигателей выпускается с цетановым числом не менее 45

Использование топлива с низким цетановым числом ( менее 40 ед ) приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и возникновению жесткой работы, а применение топлива с цетановым числом выше 55 ед. Нецелесообразно вследствие возрастания удельного расхода топлива из-за снижения полноты его сгорания

Летом применяют топлива с ЦЧ = 40, а зимой с ЦЧ  $\geq$  45 [9]

### ***1.3.2 Плотность топлива***

Плотность (кг/м<sup>3</sup>) – это характеристика, определяющая фактически работоспособность дизельного топлива в различных температурных условиях и измеряющаяся прибором под названием ареометр. Как несложно догадаться, она является количеством массы в килограммах, которое уместится в кубическом метре объема. Плотность дизельного топлива зависит от температуры окружающей среды – чем она выше, тем ниже ее плотность и наоборот, чем холоднее, тем плотность будет выше. [8]

### ***1.3.3 Вязкость топлива***

Кинематическая вязкость является противоположным свойством, зависит от химического и фракционного состава топлива и оптимизируется по прокачиваемости, распыляемости и смазывающей способности. Единица кинематической вязкости в системе СИ м<sup>2</sup>/с, на практике используют обычно мм<sup>2</sup>/с (1сСт = мм<sup>2</sup>/с). [8,9]

Кинематическая вязкость: это очень важный параметр, поскольку он указывает на способность впрыскивать топливо в камеру сгорания. Вязкость топлива влияет на размер и форму форсунок

Вязкость топлива должна находиться в определенном пределе, так как при уменьшении вязкости, менее  $1,2 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , увеличивается износ топливного насоса из-за снижения смазывающей способности. А при увеличении вязкости более  $6,5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  уменьшается заполняемость насоса топливом.

#### ***1.3.4. Фракционный состав***

Фракционный состав служит в основной показателю топлива, влияющий на процесс его сгорания, как и ЦЧ. От фракционного состава зависит качество его распыления и полнота сгорания. Если в ДТ много легких углеводородов, то на их сгорание требуется меньше кислорода. Для такого топлива более полно протекает процесс смесеобразования, однако повышается жесткость работы двигателя (резко нарастает давление на градус угла поворота коленчатого вала).

Оптимальный фракционный состав диктуется конструктивными особенностями дизелей и условиями их эксплуатации. Для дизельных топлив контролируют температуры перегонки 50 и 96 объемных % [2]

#### ***1.3.5 Низкотемпературные свойства***

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

- *Температура помутнения* – это температура, при которой топливо утрачивает прозрачность в результате образования микрочастиц льда или кристаллов n-парафинов, но не теряет своей текучести. Оборудование может работать в условиях низких температур. Если температура помутнения еще не подходит, парафиновый компонент в топливе легко осаждается, предотвращая впрыск топлива в двигатель для сгорания.
- При температуре при которой отсутствует движение дизельного топлива под углом  $45^\circ$  в течении 1 минуты называют *температурой*

застывания. В зависимости от химического состава топлива разница между температурами застывания и помутнения равна 5-15 °С.

- *Предельной температурой фильтруемости (ПТФ)* являются наиболее высокая температура, при которой объем топлива не может проходить через стандартный фильтр в установленное время при стандартизованных условиях охлаждения. [10]

#### **1.4 Групповой состав дизельных топлив**

Дизельное топливо, полученное из нефти, содержит приблизительно 75% насыщенных углеводородов (в основном н-парафин, изопарафин и циклопарафин) и 25% ароматических углеводородов.

*Нормальные парафиновые углеводороды* в дизельном топливе обладает хорошей горючей способностью. Чем выше молекулярная масса н-парафина, тем выше цетановое число. Однако, недостатком н-парафина является плохое низкотемпературное свойство и плохая растворимость в других углеводородах, так же н-парафины легко кристаллизуются при низких температурах. Поэтому затрудняется прокачка топлива через трубу двигателя и фильтр.

*Изопарафиновые углеводороды* обладают хорошими низкотемпературными свойствами, но его плохая самовоспламеняемость плохая. Чем выше молекулярная масса изопарафиновых углеводородов, тем ниже цетановое число топлива. Это компонент, который уменьшает цетановые числа.

*Нафтеновые углеводороды* имеет хорошие окислительные свойства, хорошую термостабильность и хорошие низкотемпературные свойства.

*Ароматические углеводороды* представляют собой компоненты с наименьшим цетановым значением, они способствуют образованию пластика и кокса в камере сгорания при сгорании топлива. Это нежелательный компонент в дизельном топливе.

*Кроме этого, в дизельном топливе содержит гетероатомные соединения, например: сульфидами, дисульфидами, тиофенами и т.д. Такие соединения вызывают коррозию устройства и выброс токсичных отходов в атмосферу.[11]*

## **1.5 Присадки к дизельным топливам**

За немногими исключениями, дизельное топливо начали обрабатывать присадками гораздо позже, чем бензин. Появление присадок для дизельного топлива обусловили несколько причин: 1) с середины 1970-х гг. в технологии дизельных двигателей произошел существенный прогресс, который привел к увеличению рыночной доли легковых автомобилей с дизельным двигателем; 2) предприятия, эксплуатирующие технику, и владельцы автомобилей нуждались в улучшении надежности и комфортабельности; 3) более строгие нормы на токсичность от работавших газов требовали улучшения качества дизельного топлива.[12]

### **1.5.1 Цетаноповышающие присадки**

Как правило, легкий газойль, дистиллированный из сырой нефти, отвечает требованиям ЦЧ для дизельного топлива, поскольку он содержит высокие уровни н-парафина, которые являются компонентами с высоким содержанием ЦЧ. Однако в дополнение к вышеуказанному способу дизельное топливо также может быть получено в результате каталитической обработки, такой как побочный продукт каталитического крекинга. Дизельные топливные продукты, полученные в результате этого процесса, имеют низкую ЦЧ, и их качество недостаточно для использования в дизельных двигателях, даже для тихоходных транспортных средств.

Если нужно улучшить этот индекс, вы можете использовать добавки, которые можно разделить на следующие две группы:

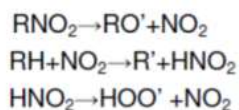
- В первую группу входят алкилнитратные типы (изопропилнитрат [ИПН], н-бутилнитрат, амилнитрат, циклогексилнитрата [ЦГН], 2-этилгексилнитрата [2-ЭГН])

- Вторая группа включает пероксидные типы (диалкил- и диарилпероксиды) [8,12]

Пероксидные типы известны в течение длительного времени, но они не нашли широкого применения, потому что они очень нестабильны и дороги. В первую группу наиболее используется 2-этилгексилнитрат.

При добавке 1,5% к объему, тогда ЦЧ может увеличиться с 15 до 20 единиц.

**Механизм действия промоторов воспламенения** основывается не на подавлении предпламенных реакций, как в случае антидетонаторов, а наоборот, на их ускорении и способствовании разветвлению окислительных цепей и образованию новых реакционных центров, вследствие замены первичной реакции разложения углеводорода топлива более выгодной в энергетическом отношении реакцией разложения присадки:



Радикалы  $HOO'$  способствуют накоплению пероксидов,  $NO$  содействует развитию цепей окисления, а  $NO_2$  и  $NO$  участвуют в возникновении дополнительных центров высокотемпературного воспламенения.

Принцип действия промоторов воспламенения объясняют легким распадом молекул по связи O-O и O-N с невысокой энергией активации (около 150 кДж/моль). При этом возникающие свободные радикалы инициируют воспламенение топлива.

Цетановые числа будут уменьшаться по мере увеличения содержания ароматических углеводородов, особенно бициклических. И наоборот, увеличение содержания н-парафинов и разветвленных парафинов в дизельном топливе

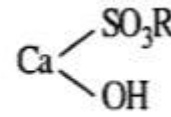
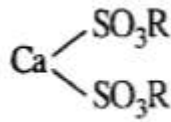
приведет к увеличению цетанового числа, а также к повышению температуры замерзания. Ниже приводятся характеристики алкилнитратов как индивидуальных соединений:

Таблица 4 – Характеристики групповых алкилнитратов

Показатели	Изо-пропилнитрат	Н-бутилнитрат	2-этилгексилнитрат
Химическая формула	$C_3H_7NO_3$	$C_4H_9NO_3$	$C_8H_{17}NO_3$
Вид	Бесцветная жидкость	Бесцветное масло	Бесцветное масло
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,036	1,047	0,963
Температура плавления °С	- 82,5 °С	0	- 50
Температура кипения °С	101,5 °С	133	119
Температура вспышки °С	22,2 °С	49,9	72

### 1.5.2 Моющие присадки

Моющие присадки добавляются к дизельному топливу, чтобы обеспечить чистоту компонентов двигателя, то есть делают углеродистые отложения неравномерными на металлической поверхности. Для выполнения вышеуказанных функций эти добавки должны быть поверхностно-активными веществами, действующими в качестве моющих средств. Эти добавки производятся путем сульфирования нефтехимических продуктов.



Эта добавка используется в концентрации 2 -10%. и недавно ученые успешно создали добавку из растительного масла, которая является экологически чистым продуктом.

Эти присадки являются сильнощелочными, не содержат ионов металлов, диспергированных в масле, поэтому они могут нейтрализовать кислоты, образующиеся в процессе сжигания серы, с образованием газа SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, проникающего в дизельное топливо. Это особенно важная присадка для дизельного топлива, потому что в дизельном топливе много серы. [12]

В качестве моющих присадок в дизельных двигателях может применяться ряд веществ: сульфонат, фенолят, салицилат, фотфат, и т.д

Структура моющей добавки поясняется рисунком ниже:

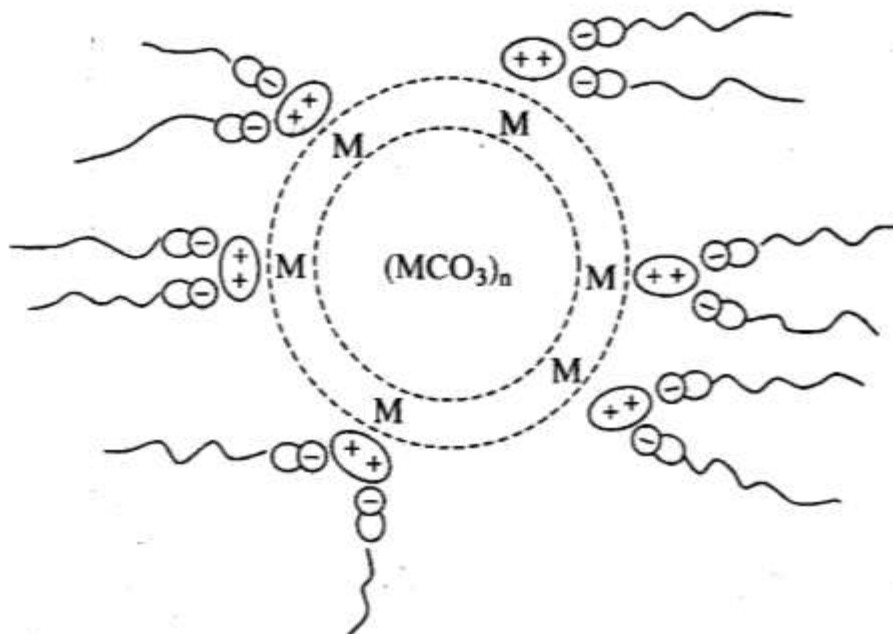


Рисунок 3 - Структура моющей добавки

Моющие добавки должны содержать:

- Поляризационные группы, такие как сульфонат, карбоновой кислоты ....

- Ароматические и прямые цепи.
- Некоторые распространенные ионы металлов.

Следовательно, моющие добавки должны иметь гидрофильную и маслорубивую стороны, они работают над тем, чтобы вытянуть остатки с поверхности, к которой они прилипают, и очистить внутренний двигатель машины.

Моющие добавки обладают не только чистящим эффектом, но и другими эффектами.

Таблица 5 - Сравнение функции моющих присадок

Функция	Сульфонат	Фенолят	Салицилат	Фотфат
Моющие свойства	Очень хорошо	Хорошо	Хорошо	Очень хорошо
антиокислитель	Нет	Очень хорошо	Очень хорошо	Хорошо
противокоррозия	Хорошо	Плохо	Плохо	Хорошо
Уменьшение трения	Нет	Среднее	Хорошо	Среднее
Термостойкость	Очень хорошо	Очень хорошо	Очень хорошо	Среднее
Эффективное разложение	Среднее	Хорошо	Хорошо	Хорошо

### 1.5.3 Депрессорные присадки

Дизельное топливо, полученное из воскообразной сырой нефти, которое имеет высокую температуру застывания, что может создавать значительные



проблемы при работе в низких температурах окружающей среды из-за отделения парафина в резервуарах для хранения и другом погрузочно-разгрузочном оборудовании. Нефтеперерабатывающие заводы иногда преодолевают эту проблему, они доавляют большие объемы керосина в дизельное топливо, чтобы соответствовать спецификациям температуры застывания. Поскольку керосином является более дорогостоящие продукты, перевод любого керосина на дизельное топливо представляет собой потерю дохода для нефтеперерабатывающих заводов. В определенных ситуациях присадки для снижения температуры застывания дизельного топлива могут представлять собой экономически эффективное решение.

Депрессанты с температурой застывания предназначены для вмешательства в процесс кристаллизации парафина путем изменения кристаллической структуры парафина. Добавки структурированы таким образом, что часть молекулы подобна кристаллу парафинового воска, который обеспечивает места зародышеобразования и совместную кристаллизацию с воском. Другая часть аддитивной молекулы не похожа на кристалл воска и предотвращает экстенсивный рост парафинов.

Большинство депрессорных присадок представляют собой полимеры и сополимеры метилакрилатов с низкой молекулярной массой. Типичная дозировка добавки составляет от 200 до 1000 ppm. [12,13]

#### **1.5.4 Антистатические присадки**

Дизельное топливо с ультранизким содержанием серы, благодаря удалению серы и полярных соединений, которое имеет очень низкую проводимость. Риски возрастают при высоких скоростях нагружения и при обращении с топливом с низкой проводимостью (менее 50 pS/m). Пожары и взрывы могут возникать во время погрузки в грузовик или при заполнении большого резервуара из-за

искрового зажигания от накопленного электричества. Необработанные дизели и газойли из ближневосточных месторождений обычно имеют проводимость ниже 10 pS/m при температуре окружающей среды. Кроме того, значительное снижение проводимости происходит при низких температурах окружающей среды. Значение проводимости средних дистиллятов можно увеличить с помощью антистатических добавок, таких как Stadis 450. Дозировка, необходимая для повышения электропроводности до 50 pS/m / м, обычно составляет от 1 до 2 ppm.[12,13]

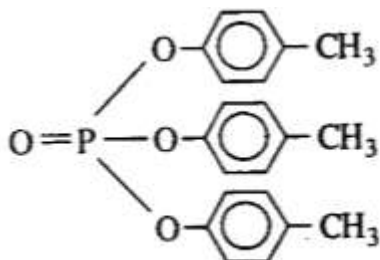
### **1.5.5 Противоизносные присадки**

Глубокая гидроочистка дизельного топлива для производства дизельных топлив со сверхнизким содержанием серы удаляет большую часть серы, значительное количество полярных и ароматических соединений, которые придают обычным дизельным топливам адекватную смазывающую способность. Потеря смазки может привести к проблемам с двигателем, главным образом к разрушению оборудования для впрыска дизельного топлива, если не обработать смазочными присадками. Проверка смазывающей способности дизелей проводится на высокочастотной поршневой установке (ASTM D 6079). Однако дизельная присадка, улучшающая смазывающие свойства, не может транспортироваться по обычным трубопроводам для продуктов, потому что она может загрязнять топливо. Улучшитель смазывающей способности может быть добавлен на загрузочном терминале.

Противоизносными присадками являются алкилнафталин, производные алкилфенола, фосфор и некоторые полимеры. Кроме того, мы можем использовать жирные кислоты, которые обладают способностью прилипать к металлическим поверхностям, уменьшать трение и нагрев при процессе работы двигателя.

Напримеры таких присадок имеют: Octel (OLI), Ethyl (Hitec), Infineum и Lubrizol (LZ).

Противоизносные присадки обычно находятся в небольших количествах, около 0,01%. Типичной структурой этой добавки является трикрезилфосфат [12]

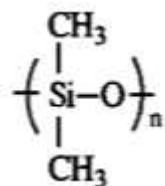


### 1.5.6 Противопенные присадки

Дизельное топливо пениться во время перекачки, чтобы заполнить топливный резервуар. В легковых автомобилях относительно небольшой резервуар и трубы с низким диаметром могут привести к проливу пены. В грузовиках, имеющих несколько топливных баков, время наполнения может быть очень большим.

Если пена сильно смешивается с топливом, что отрицательно влияет на смазывающие свойства, усиливает окисление в присутствии кислорода, препятствует циркуляции топлива, вызывая трудности при смазке.

Поэтому противопенные присадки применяются для предотвращения вспенивания топлива. Эти материалы уменьшают пузырьки газа благодаря их низкому поверхностному поглощению, в результате чего стабильность жидкой фазы становится отдельной поверхностной мембраной. Противопенные присадки представляют собой полисилоксаны, такие как сополимеры поли (метилсилоксана) и диоксида кремния и полиэфира, и они используются вместе с соразтворителем [14,15,16].



- формула полиметилсилоксана

Важные поверхностно-активные материалы присадок к дизельному топливу также имеют стабилизаторы пены. Соответственно, эти присадки, содержащие пеногасительные количества, способствует образованию отделенных капель. Так что должно быть равновесие (совместимость) между пеногасителем и другими соединениями присадок.

### **1.5.7 Присадки для повышения стабильности при хранении (антиоксиданты)**

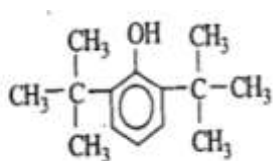
Стабилизирующие присадки могут быть использованы для улучшения стабильности дизельного топлива при длительном хранении (более одного года) [17]. Существует несколько типов добавок, которые учитывают разные механизмы нестабильности. Наиболее распространенные стабилизаторы содержат антиоксиданты, которые связываются со свободными радикалами в топливе, чтобы не дать им инициировать нежелательные реакции [18]. Другие добавки, известные как дезактиваторы металлов, предотвращают реакции между топливом и металлами, которые могут присутствовать в топливопроводах или баках [19]. Военным необходимо топливо, которое можно хранить в течение шести месяцев, чтобы добавить присадку стабильности [20].

Термическая стабильность дизельного топлива обычно не регулируется и может значительно варьироваться в зависимости от топлива. Это затрудняет определение необходимости добавки стабильности. Тем не менее, ASTM предоставляет «Стандартный метод испытаний на устойчивость к высоким температурам средних дистиллятов» [17]. Согласно Национальной конференции мер и весов, топливо с маркировкой «дизель премиум-класса» должно

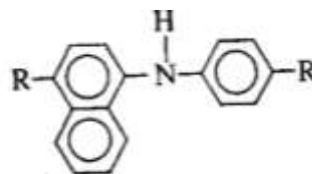
соответствовать минимальным требованиям к термической стабильности, измеренным с помощью теста ASTM [21].

Для замедления старения дизельного топлива применяются антиоксиданты и деактиваторы металлов, а именно стерически затрудненные фенолы и фенилендиамины. Весьма эффективны также триалкиламины. Присадки обычно добавляются в концентрациях около 50 мг/кг, однако их эффективность зависит от конкретного базового топлива.

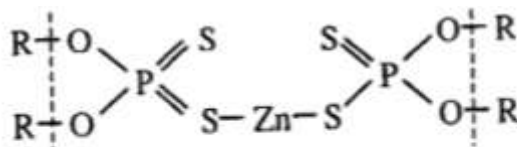
Присадки могут быть следующими: [12,13]



2, 6 - дитретбутилфенол



фенил- $\alpha$ -нафтиламин



Комплекс цинка

Поскольку старение дизельного топлива способны катализировать также ионы растворенных металлов (особенно меди), можно добавлять дополнительно примерно 5 мг/кг деактиваторов металлов.

Вследствие щелочных свойств эффективно защищают дизельное топливо от старения также ингибиторы коррозии, состоящие, как правило, из высокомолекулярных аминов. Зачастую эффективно предотвращают старение дизельного топлива моющие присадки, добавляемые главным образом для поддержания чистоты форсунок. присадки для стабилизации дизельных топлив часто используют в виде многофункциональных смесей в концентрациях около 100 мг/кг

### **1.5.8 Биоцидные присадки**

Во время работы в дизельное топливо часто поступает вода, которая является средой для роста микроорганизмов. Чтобы топливо не ферментировалось и не окислялось, необходимы антибактериальные добавки, которые имеют аналогичный антибиотический эффект. Добавки: фенол, соединения, содержащие хлор, формальдегид, этаноламин. [22]

### **1.5.9 Присадки в дизельное топливо для уменьшения количества черных дымов в выхлопных газах**

Природа черного дыма - углеродная сажа, образующаяся, когда топливо не сгорает полностью. Это является причиной уменьшения срока службы двигателя, загрязнения окружающей среды, а также недостатком дизельного топлива. Чтобы исправить это, люди добавляют кислородсодержащие количества в топливо для полного сгорания топлива. В последнее время исследователям удалось добавить количество воды в дизельное топливо. Дизельное топливо лучше эмульгируется и лучше горит. Однако максимальное количество добавляемой воды должно быть на определенном уровне, чтобы помочь уменьшить черный дым, но не снизить температуру сгорания топлива.[22]

Недавно был произведен биодизель со смесью 5%, 10%, 15% и 20% (B-5, B-10, B-15 и B-20), которые имеют значительно уменьшить токсичные газы в выхлопных газах двигателя, такие как CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, и способ сгорания углеводов.

### **1.5.10 Присадки диметилового эфира (ДМЭ)**

Во всем мире обнаруживается новая добавка к дизельному топливу - диметиловый эфир (ДМЭ). Эта добавка имеет принцип увеличения значения цетана, помогая топливу сжигаться более полно, уменьшая вредные выбросы для

окружающей среды. США, Япония и Дания лидируют в использовании этой добавки с производительностью 3,3 млн.тонн в год.

Эффективность этой добавки следующая: цетановое значение увеличивается с 45 до 52, температура застывания снижается с +9 °С до 0 °С, содержание веществ в дымовых газах снижает содержание углеводородов с 15ppm до 11 ppm, CO с 0,02% до 0,01%. Кроме того, это добавка, которая не содержит серы, поэтому при смешивании с дизельным топливом снижается содержание S, способствующее снижению процесса обработки серой. [22]

## 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объекты исследования

Основными эксплуатационными характеристиками дизельного топлива являются: цетановое число, плотность, фракционный состав, вязкость, молекулярная масса, содержание серы.

Объектами исследования служили образцы дизельной фракции, полученные из нефти, поставляемые ОАО «АК «Транснефть», производства ООО «Томскнефтепереработка» (№1) и ООО «Анжерская Нефтеперерабатывающая Компания» (№2), ЗАО «Антипинский НПЗ» (№3).

В качестве присадок для повышения цетанового числа выбраны: Liqui Moly Pro-Line Super Diesel Additive, Mannol Super Diesel Cetan Plus, Amsoil Diesel Cetane Boost

### 2.2 Методы исследования

В исследуемых пробах определяли такие физико-химические характеристики как: плотность по ГОСТ 3900-85, вязкость по ГОСТ 33768-2015, молекулярную массу с помощью установки КРИОН-1, общее содержание серы по ГОСТ 32139-2013.

#### 2.2.1 Определение плотности

Методы определения плотности по ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты:

*Сущность метода* заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20 °С.

*Проведение испытания:*

Цилиндр для ареометров устанавливают на ровной поверхности. Пробу испытуемого продукта наливают в цилиндр, имеющий ту же температуру, что и



проба, избегая образования пузырьков и потерь от испарения. Пузырьки воздуха, которые образуются на поверхности, снимают фильтровальной бумагой.

Температуру испытуемой пробы измеряют до и после измерения плотности по термометру ареометра (при испытании темных нефтепродуктов термометр ареометра приподнимают над уровнем жидкости настолько, чтобы был виден верхний конец столбика термометрической жидкости и можно было отсчитать температуру) или дополнительным термометром. Температуру поддерживают постоянной с погрешностью не более 0,2 °С.

Чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опускают в цилиндр с испытуемым продуктом, поддерживая ареометр за верхний конец, не допуская смачивания части стержня, расположенной выше уровня погружения ареометра.

Когда ареометр установится, и прекратятся его колебания, отсчитывают показания по верхнему краю мениска, при этом глаз находится на уровне мениска. Отсчет по шкале ареометра соответствует плотности нефтепродукта при температуре испытания (масса продукта, содержащейся в единице его объема, г/см).

Относительную плотность  $\rho'$  анализируемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле

$$\rho' = (m_3 - m_1)/m$$

Где:  $m_3$  - масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г;

$m_1$  - масса пустого пикнометра, г;

$m$  - водное число пикнометра, г;

Определение плотности при 20 °С:

$$\rho_4^{20} = (0,99823 - 0,0012)\rho' + 0,0012$$

Где: 0,99823 - значение плотности воды при 20°С;

0,0012 - значение плотности воздуха при 20°С и давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.);

$\rho'$  - относительная плотность испытуемого продукта, г/см<sup>3</sup> [23]

## 2.2.2 Метод определения вязкости нефтепродуктов

Метод определения кинематической вязкости и расчет динамической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей по ГОСТ 33768-2015:

*Сущность метода* заключается в измерении стеклянным капиллярным вискозиметром времени истечения определенного объема испытуемого нефтепродукта под влиянием силы тяжести. Кинематическая вязкость вычисляется как произведение измеренного времени истечения нефтепродукта и постоянной вискозиметра. Динамическая вязкость вычисляется как произведение кинематической вязкости и плотности нефтепродукта при одной и той же температуре.

### *Проведение испытания:*

Вискозиметр заполняют испытуемым нефтепродуктом в соответствии с описанием работы, с вискозиметрами приведенным в приложении В. Наполненный вискозиметр помещают в термостат и закрепляют в держателе.

Вискозиметр термостатируют в течение времени, указанном в приложении В для конкретного типа вискозиметра. По истечении 10 мин термостатирования доводят объем нефтепродукта до требуемого уровня, если этого требует конструкция вискозиметра.

Используя подсос (если образец не содержит летучих веществ) или давление, устанавливают высоту столбика нефтепродукта в капилляре вискозиметра до уровня, находящегося приблизительно на 7 мм выше первой метки, если в инструкции по эксплуатации вискозиметра не установлено другое значение. При этом необходимо следить, чтобы в нефтепродукте не образовались пузырьки воздуха.

При свободном течении нефтепродукта через капилляр определяют время истечения (время перемещения мениска жидкости между метками, для которых определена постоянная вискозиметра).

Записывают значение времени истечения нефтепродукта с точностью до 0.1

В лабораторной практике наиболее распространены вискозиметры Пинкевича типа ВПЖТ-4, ВПЖТ-2 рис.4:

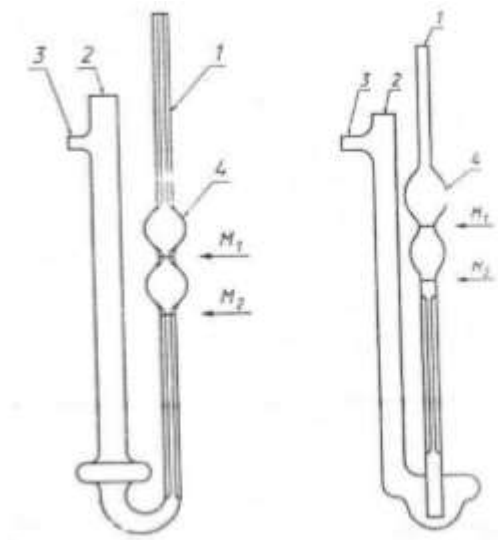


Рисунок 4 – Вискозиметры Пинкевича

Рассчитывают вязкость по определенным формулам, указанным в ГОСТе.

Определить кинетическую вязкость:

$$\nu = C \cdot t$$

Где:  $C$  - постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$  ;

$t$  - среднее время истечения нефти в вискозиметре, с;

Определить динамическую вязкость:

$$\eta = \nu \cdot \rho$$

Где :  $\nu$  - кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  $\rho$

$\rho$ - плотность при той же температуре, при которой определялась вязкость,  $\text{г}/\text{см}^3$  [24].

### 2.2.3 Определение молекулярной массы нефтепродуктов криоскопическим методом

Молекулярная масса (устаревшее название — молекулярный вес) — масса молекулы, выраженная в атомных единицах массы. Численно равна молярной массе, выраженной в г/моль.

Определение молекулярной массы на установке для криоскопического определения молекулярной массы КРИОН-1.

*Цель работы:* определить молекулярную массу нефтяных фракций, нефтепродуктов криоскопическим и расчетным методами

Принцип действия установки основан на измерении депрессии температуры — разницы температур кристаллизации чистого растворителя и раствора испытуемого вещества, которая затем используется для расчет молекулярной массы испытуемого вещества по формуле, представленной в ГОСТе:

$$M = K \cdot \frac{1}{T_1 - T_2} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot 1000;$$

Где: K- криоскопическая константа бензола, K=5,12;

$G_1$  — масса исследуемого нефтепродукта (фракции), г;

$G_2$  — масса растворителя (бензола);

$T_1$  — температура замерзания чистого раство-рителя, °С;

$T_2$  — температура замерзания раствора нефтепродукта в рас-творителе, °С.

Сначала выполняют измерение температуры кристаллизации растворителя, а данном случае — бензол. Затем готовится раствор с испытуемым веществом, который состоит из 0,3 мл исследуемого вещества и 13 мл растворителя — бензола.

Измеряется температура его кристаллизации и прибор показывает на таблице разницу температур [25].

#### **2.2.4 Метод определения фракционного состава (10%, 50%, 90%)**

Метод определения фракционного состава в аппарате АРН -2 по ГОСТ 1101-85 нефти и нефтепродукты:

Сущность метода заключается в перегонке 100 мл испытуемого образца при условиях соответствующих природе продукта, и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

Испытания проводят в аппарате АРН-2, который имеет: нагревательный элемент, охлаждающую баню, термометр и т.д.

*Проведение испытания:*

Нагревают колбу для перегонки с ее содержимым. Включают нагреватель, регулирую время между началом нагрева и температурой начала кипения. После того как отмечена температура начала кипения, цилиндр ставят так, чтобы кончик холодильника соприкасался с его внутренней стенкой, а конденсат стекал по стенке. Продолжают регулировать нагрев. Во время перегонки все результаты (показания термометра и объем конденсата) записываются.

Если температура на термометре близка к  $370^{\circ}\text{C}$ , то нагревание прекращают.

Приборы, реактивы, материалы на рисунке 6: [26]

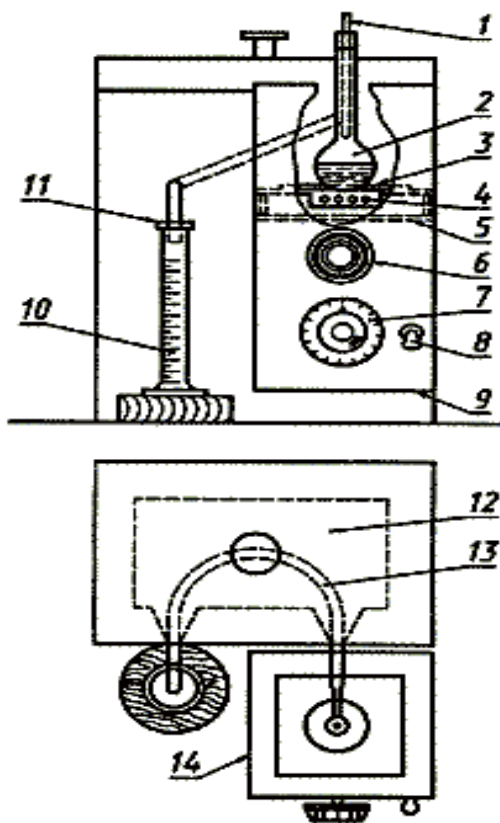


Рис 5 - Схема аппарата разгонки нефти АРНС

1 - термометр; 2 - колба для перегонки; 3 - асбестовая прокладка; 4 - электрический нагревательный элемент; 5 - подставка; 6 - ручка для регулирования положения колбы; 7 - диск для регулирования нагрева; 8 - выключатель; 9 - открытое дно кожуха; 10 - мерный цилиндр; 11 - филь-травальная бумага; 12 - охлаждающая баня; 13 - трубка холодильника; 14 – кожух

### **2.2.5 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах**

Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии по ГОСТ 32139-2013:

*Сущность метода* заключается в том, что испытуемый образец помещают в пучок лучей, испускаемых рентгеновской трубкой. Измеряют результирующее возбужденное характеристическое рентгеновское излучение и для получения значения общего содержания серы в процентах по массе или миллиграммах на килограмм сравнивают полученный сигнал счетчика импульсов с сигналами, полученными при испытании заранее приготовленных калибровочных образцов, которые охватывают исследуемый диапазон концентраций: 0,0% масс. – 0,1% масс.; 0,1% масс. – 1,0 % масс.; 1,0 % масс. –5,0 % масс.

При определении используют любые энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры, если их конструкция включает определенные устройства (источник рентгеновского излучения, съемную кювету, детектор рентгеновского излучения, фильтры, электронные устройства для распознавания сигнала и переработки данных, дисплей и принтер) и результаты, полученные на таком спектрометре, эквиваленты полученным на образцах, представляющих интерес.

*Проведение испытания:*

Наполняют кювету образцом до 75 % ее вместимости. Перед заполнением кюветы может возникнуть необходимость подогрева вязких образцов, чтобы

можно было легко налить их в кювету. Между окном кюветы и жидким образцом не должно быть воздушных пузырьков. Каждый образец анализируют один раз. Если полученное значение концентрации серы менее 100 мг/кг, повторяют измерение, используя свежеприготовленную кювету для образца и свежую порцию образца, и определяют среднее значение показаний содержания серы в неизвестном образце. При анализе нескольких неизвестных образцов измеряют образец контроля качества в конце каждой партии, но не реже чем через каждые десять неизвестных образцов.[27]

### **2.2.6 Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом по ГОСТ 27768-88**

Расчетный цетановый индекс – приближенное значение цетанового числа дистиллятного дизельного топлива без повышающих цетановое число присадок, вычисленное на основании плотности топлива и его фракционного состава.

Расчитанный цетановый индекс является полезным инструментом для оценки цетанового числа, когда тестовый механизм недоступен для его определения или когда количество образца слишком мало для использования в тестовом двигателе.

Расчетный цетановый индекс особенно применим к прямогонным топливам, каталитически крекированным запасам и их смесям. Тем не менее расчитанный цетановый индекс не применим к топливам, содержащим присадки.

Метод заключается в определении плотности дизельного топлива при 15 °С по ГОСТ 3900-85 и средней температуры кипения 50 %-ной (по объему) фракции дизельного топлива по ГОСТ 2177-82.

*Проведение испытания:*

Определяют плотность дизельного топлива при 15 °С по ГОСТ 3900-85 и среднюю температуру кипения 50 %-ной фракции (по объему) по ГОСТ 2177-82.

Цетановый индекс (ЦИ) рассчитывают по уравнению:

$$\text{ЦИ} = 454,74 - 1641,416 \cdot \rho + 774,74 \cdot \rho^2 - 0,554 \cdot t + 97,803 \cdot (\lg t)^2,$$

Где  $\rho$  - плотность при 15 °С, определенная по ГОСТ 3900-85, г/см<sup>3</sup> ;

$t$  - температура кипения 50 %-ной фракции, определяется по ГОСТ 2177-82 °С;

$\lg$  - логарифм с основанием 10.

Цетановый индекс дистиллятных дизельных топлив может быть определен по номограмме.

*Точность.*

Показатели точности при определении цетанового индекса расчетным методом зависят от точности методов определения плотности по ГОСТ 3900-85 и температуры кипения 50 %-ной (по объему) фракции топлива по ГОСТ 217782.

В области цетановых чисел от 30 до 60 для дистиллятных дизельных топлив расчетный цетановый индекс совпадает (с 75 %-ной доверительной вероятностью) с цетановым числом, определенным экспериментально на испытательной аппаратуре, с расхождением в пределах  $\pm 2$  цетановые единицы [28].



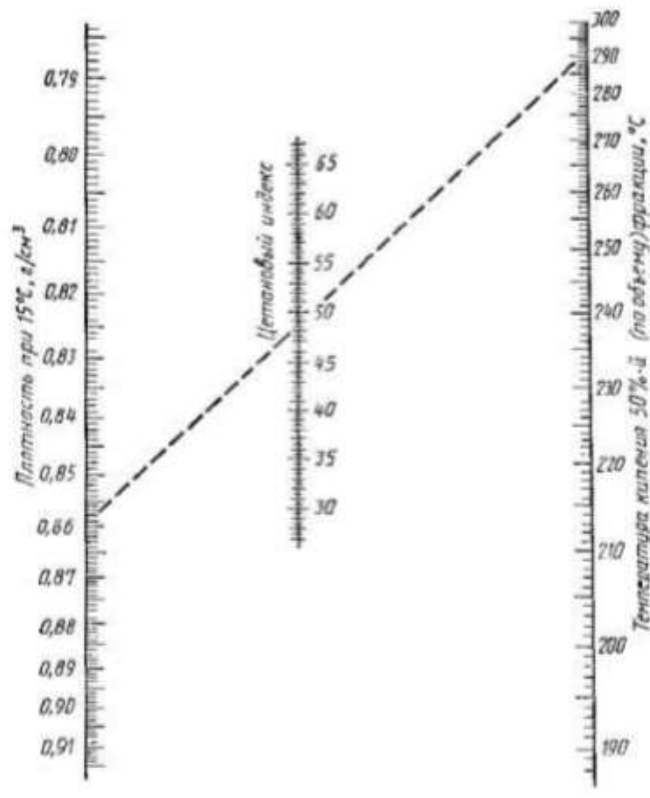


Рисунок 6 – Номограмма для определения ЦИ

### 2.2.7 Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом по стандарту ASTM

Расчетный цетановый индекс по уравнению с четырьмя переменными используют для оценки цетанового числа по ASTM, когда не имеется испытательного двигателя для определения этого параметра непосредственно и когда не используют присадки для увеличения цетанового числа.

ASTM - Стандартный метод испытания цетанового числа дизельного топлива

Этот метод испытаний для дизельного топлива был разработан в 1930-х годах Комитетом по исследованию кооперативного топлива, а затем стандартизирован ASTM. Способ включает использование топлива в одноцилиндровом двигателе с бесступенчатой степенью сжатия при

фиксированном наборе условий. Хотя метод обновлялся годами, он все еще основан на оригинальной конструкции двигателя. [29]

Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом по стандарту ASTM :

$$\text{ЦИ} = 45,2 + 0,0892 \cdot T_{10N} + 0,131 \cdot T_{50N} + 0,0523 \cdot T_{90N} + 0,901 \cdot B \cdot T_{50N} - 0,420 \cdot B \cdot T_{90N} + 4,9 \cdot 10 - 4 \cdot (T_{90N})^2 + 107 \cdot B + 60 \cdot B^2$$

$$T_{10N} = N_{10} - 215$$

$$T_{50N} = N_{50} - 260$$

$$T_{90N} = N_{90} - 310$$

Где:  $B = e^{-0,0035 \cdot D} - 1$

$T_{10N}$ ,  $T_{50N}$ ,  $T_{90N}$  – температура кипения 10%, 50%, 90%-ной (по объему) фракции, °C;

$D$  – плотность топлива при 15 °C, кг/м<sup>3</sup>.

Его удобно использовать для оценки цетанового числа, когда имеется слишком мало пробы для оценки двигателя. В тех случаях, когда цетановое число топлива по ASTM было установлено ранее, расчетный цетановый индекс по уравнению с четырьмя переменными используют для проверки цетанового числа последующих партий топлива, при условии что источник топлива и процесс производства остались без изменения.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Сравнение методов расчета цетанового индекса дизельных топлив и выбор наиболее точного метода расчета.

Таблица 6 - Результаты определения физико-химических свойств

Показатель	Фракция1	Фракция№2	Фракция№3
Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	0,8432	0,8400	0,8767
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	0,8402	0,8382	0,8600
Кинематическая вязкость, Па·с	4,0564	4,2273	21,027
Динамическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	3,4083	3,5433	18,434
Содержание серы, %	0,214	0,501	0,855
Температура начала кипения	170	151	74
10%	202	192	306
50%	261	260	349
90%	340	342	370
Температура конца кипения	345	342	370
Молекулярная масса, г/моль	181,9	181,9	280,14
Цетановый индекс по ASTM	45,03	45,48	69,99
Цетановый индекс по ГОСТ	48,12	50,77	55,16
Δ	3	5	15
Соответствие ГОСТ Р 52368-2005 Топливо дизельное евро (ЦИ, плотность при 15°C, содержание серы)	Соответствует	Соответствует	Не соответствует
Соответствие ГОСТ 32511-2013 Топливо дизельное евро,	Соответствует	Соответствует	Не соответствует

В образце №3 превышено значение плотности при 15°C, процентное содержание серы.

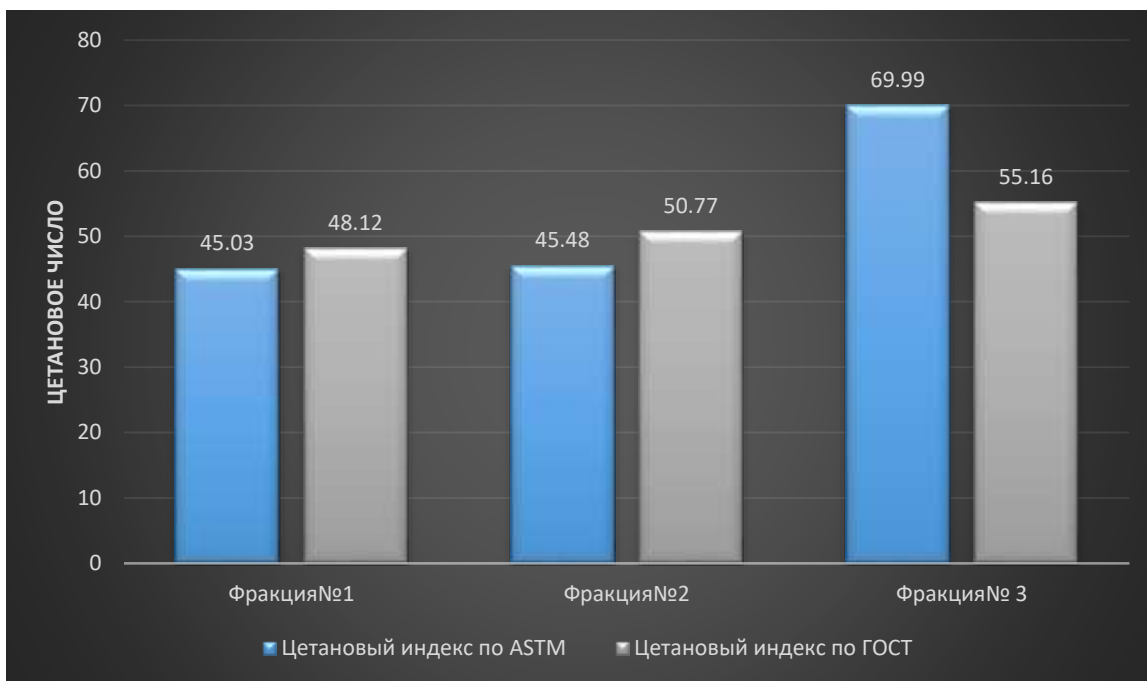


Рисунок 7 – Сравнение цетанового индекса по ASTM и ГОСТ

По результатам проведенных лабораторных испытаний по методикам, прописанным в ГОСТ, исследуемые продукты фракция №1, фракция №2 соответствуют требованиям параметров по ГОСТ Р 52368-2005 Топливо дизельное евро и ГОСТ 32511-2013 Топливо дизельное евро.

Продукты фракция №3 не соответствует предъявленным ГОСТ, так как превышены значение плотности при 15<sup>0</sup>С (должно быть в диапазоне 0,820-0,845 кг/м<sup>3</sup>), процентное содержание серы (не более 0,285%).

Все испытуемые продукты соответствуют ГОСТ по цетановому индексу, который должен составлять не менее 45.

На рисунке 7 изображены значения цетановых чисел рассчитанных двумя разными методами в сравнении. Так метод по ASTM заключается в определении температуры кипения 10%, 50 % , 90%-ной (по объему) фракции дизельного топлива и плотности дизельного топлива при 15 °С. Для расчет цетанового числа по ГОСТ 27768-88 необходимо определение плотности дизельного топлива при 15 °С и средней температуры кипения 50 %-ной (по объему) фракции дизельного

ТОПЛИВА.

Исходя из представленного сравнения расчетных методов цетанового числа, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным методом определения цетанового индекса является метод ГОСТ 27768-88. (ЦЧ = 48 – 55)

### 3.2 Цетановые числа с присадками

Присадка №1 - Liqui Moly Pro-Line Super Diesel Additive ( 2-этилгексилнитрата)

Таблица 7 - Изображение цетановых чисел образцов с присадкой №1

№ раствора	Кон-ция присадки, %об.	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
		ЦЧ	Тз	ЦЧ	Тз	ЦЧ	Тз
0	0	51	-17,9	51,9	-12,1	53,5	-4
1	0,1	51	-15,4	52	-10	54,0	-4
2	0,2	51	-13,8	52	-9,4	54,0	-4
3	0,3	52	-11,6	52,3	-8	54,3	-4
4	0,4	52	-10	53	-8	54,6	-4
5	0,5	52	-9,6	53	-5,9	54,8	-4
6	0,6	52,4	-8	53	-4,9	55	-3,8
7	0,7	53	-7,2	53,2	-4	55	-3,4
8	0,8	53	-5,3	53,7	-4	55	-3,0
9	0,9	53	-4,2	54	-4	55	-2
10	1	53,4	-4	54,2	-4	55	-2

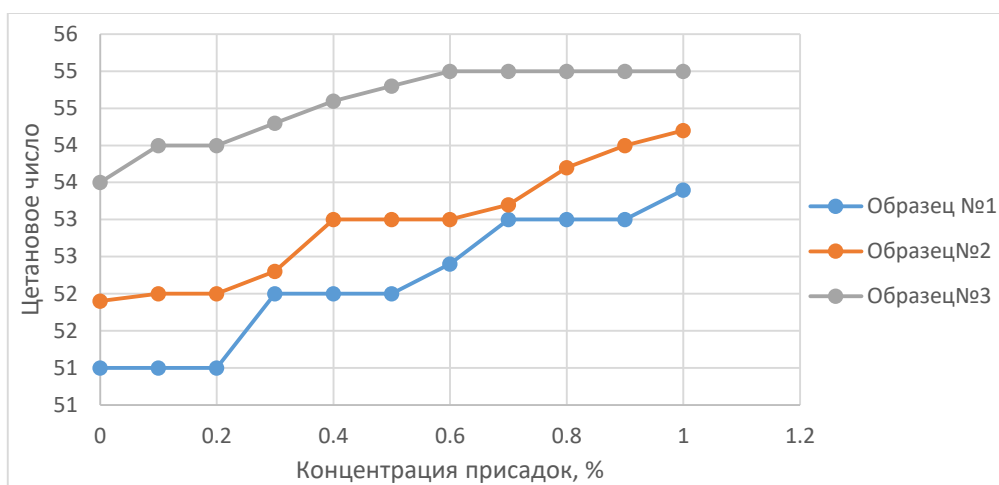


Рисунок 8 - Рост цетанового числа дизельного топлива в зависимости от концентрации присадки №1

На рис.8. представлен рост цетанового числа дизельного топлива в зависимости от концентраций присадки №1. Показано, что добавление присадки концентрацией до 1% приводит к повышению ЦЧ. Поэтому количество присадки 1% максимально для добавления в образцах 1 и 2, и 0,6% в образце 3.

Присадка №2 – Mannol Super Diesel Cetan Plus (Алкилнитрат)

Таблица 8 - Изображение цетановых чисел образцов с присадкой №2

№ раствора	Кон-ция присадки, %об.	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
		ЦЧ	Тз, С	ЦЧ	Тз, С	ЦЧ	Тз, С
0	0	51	-15	50	-20,6	52	-10
1	1	53,4	-4,3	53	-7,4	54	-4
2	1,5	54,3	-4	54	-4	55	-4
3	2	55	-3,1	54,9	-4	55	-4
4	2,5	56	0	55	0	56	0

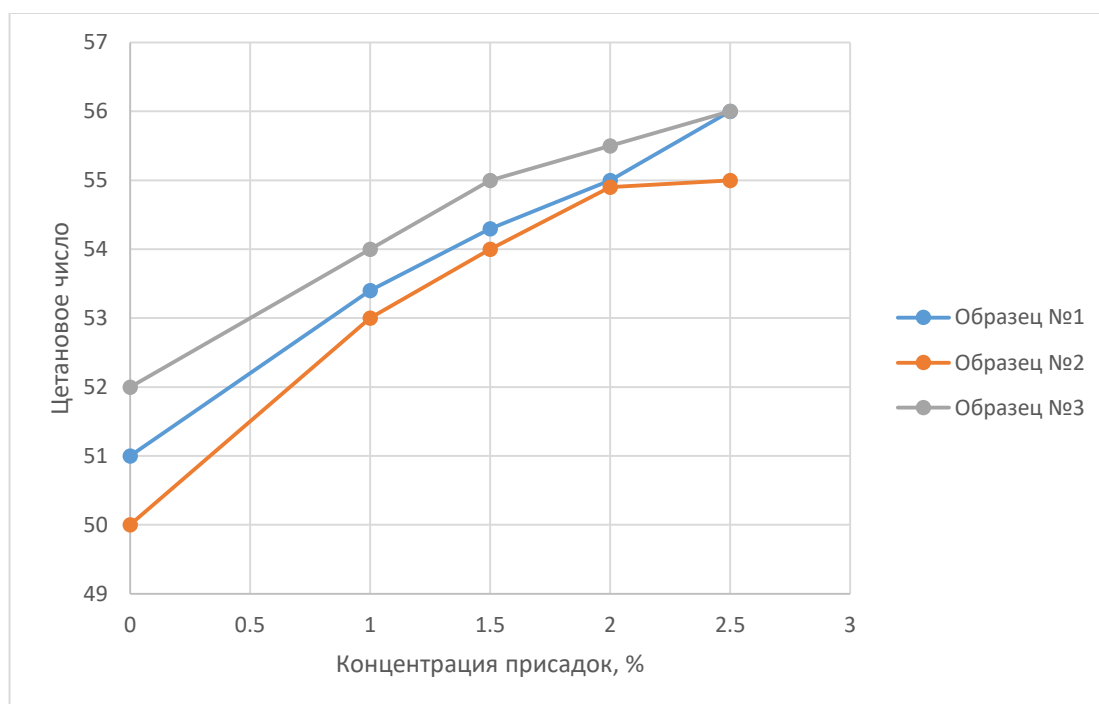


Рисунок 9 - Рост цетанового числа дизельного топлива в зависимости от концентрации присадки №2

Из графика 9 видно, что увеличение количества присадки от 0 до 2.5% приводит к увеличению ЦЧ во всех трех образцах. Судя по данным графика можно сделать вывод, что количество присадки 2% максимально для добавления в образце 1; 2,5% в образце 2 и 1,5% в образце 3.

Присадки №3 – Amsoil Diesel Cetane Boost (Амилнитрат)

Таблица 9 - Изображение цетановых чисел образцов с присадкой №3

№ раствора	Кон-ция присадки, %об.	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
		ЦЧ	Тз, С	ЦЧ	Тз, С	ЦЧ	Тз, С
0	0	51	-17,9	50	-20,9	51,9	-12,1
1	0,1	51	-15,4	50	-19,1	52	-10
2	0,2	51	-13,8	51	-16,6	52	-9,4
3	0,3	52	-11,6	51	-15	52,3	-8
4	0,4	52	-10	51,1	-12,9	53	-8

5	0,5	52	-9,6	52	-10,6	53	-5,9
6	0,6	52,4	-8	52	-10	53	-4,9
7	0,7	53	-7,2	52	-8	53,2	-4
8	0,8	53	-5,3	53	-7,9	53,7	-4
9	0,9	53	-4,2	53	-6	54	-4
10	1	53,4	-4	53	-4,7	54,2	-4

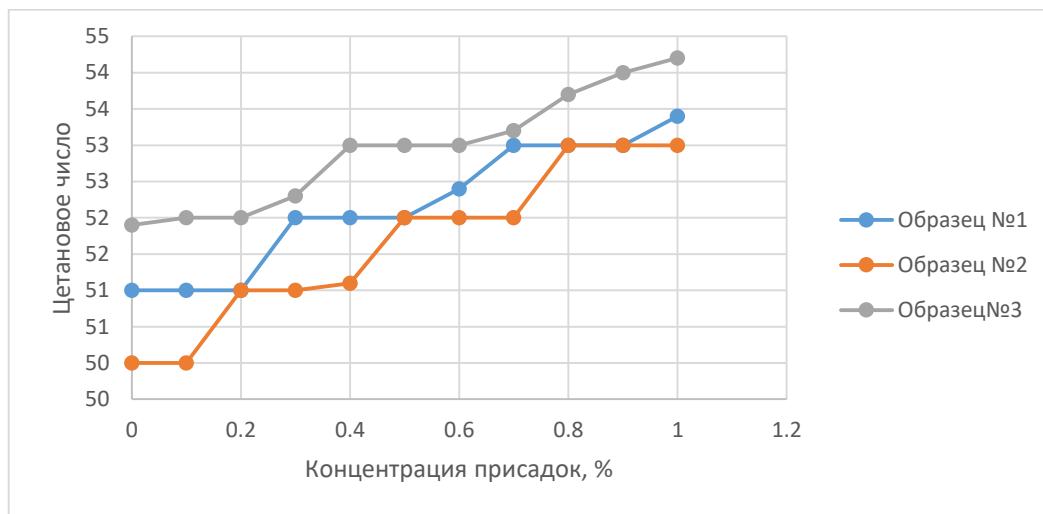


Рисунок 10 - Рост цетанового числа дизельного топлива зависит от концентраций присадок №3

Из рисунка 10 видно, что увеличение концентрации присадки в пределах с 0,5 до 1 % во всех трех образцах повышает ЦЧ. Количество присадки 1% максимальна для добавления для всех трех образцов.

Присадки - это вещества, которые в небольших количествах добавляют к топливу и повышают цетановые числа продукта.

Таким образом, анализируя все три графика (рис 9-10) можно сказать, что присадка № 3 (амилнитрат) оказывает лучший эффект повышения ЦЧ, чем присадка № 1 (2-этилгексилнитрата). При добавлении всего лишь 0,1% присадки цетановое число увеличивается значительно (ЦЧ=50-55) и соответствует стандартам. При увеличении концентрации добавки № 2 (алкилнитрат) до 0,5%,



цетановое число быстро возрастает, однако не соответствует стандартам (ЦЧ > 55 )

Согласно полученным данным, для всех трех образцов дизельных топлив, оптимальным количеством присадки является 0,1%, что позволяет повысить ЦЧ до требуемого уровня, удовлетворяющего ГОСТ.

## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- Определение структуры работ в рамках проводимого исследования;
- Определение участников каждой работы;
- Установление продолжительности работ;
- Построение графика проведения проводимых исследований.

Для выполнения проекта формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер (бакалавр). Составлен перечень этапов и работ, распределены исполнители по видам работ. Этапы и содержание работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведены в табл. 10.

Таблица 10 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель Бакалавр
	8	<i>Оформление отчетов</i>	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Подведение итогов и оценка результатов	Руководитель Бакалавр
	10	Заключение	Бакалавр

## 4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

## 4.3 Разработка графика проведения научного исследования

**Диаграмма Ганта** – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году; ( $T_{\text{кал}} = 366$ );

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году; ( $T_{\text{вых}} = 104$ );

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году. ( $T_{\text{пр}} = 15$ );

$$k_{\text{кал}} = 366 / (366 - 104 - 15) = 1,48$$

Все рассчитанные значения отражены в таблице 11.

Таблица 11 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни			$t_{\text{max}}$ , чел-дни			$t_{\text{ожг}}$ , чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление ТЗ	1	1	2	3	3	3	2	2	2	Руководитель	2	2	2	3	3	4
Изучение литературы	15	16	18	20	20	21	17	18	19	Бакалавр	17	18	19	25	26	28

Выбор напр. исслед.	5	5	7	10	12	11	7	8	9	Руков., Бакалавр.	4	4	4	5	6	6
Календар. план.	1	1	2	2	2	3	1	1	2	Руководитель	1	1	2	2	2	4
Провед. теор. расч.	15	15	16	16	18	19	15	16	17	Бакалавр	15	16	17	23	24	25
Провед. экспер.	25	28	28	29	30	31	27	29	29	Бакалавр	27	29	29	39	43	43
Сопостав. Результатов	1	2	2	3	3	4	2	2	3	Руков., Бакалавр	2	2	3	3	4	4
Офор. отчетов	1	1	2	3	4	4	2	2	3	Бакалавр	2	2	3	3	3	4
Подвед. итогов	3	4	5	5	5	6	4	4	5	Руков., Бакалавр	4	4	5	6	7	8
Заключение	2	2	3	4	4	4	3	3	3	Бакалавр	3	3	3	4	4	5
														112	121	132

На основе табл. 11 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках выполнения проекта на основе табл. 9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 12 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление ТЗ	Руководитель	4	■											
2	Изучение литературы	Бакалавр (дипломник)	28	▨	▨	▨									
3	Выбор напр. исслед.	Руков., Бакалавр.	6				■	■	■						
4	Календар. план.	Руководитель	4					■	■						
5	Провед. теор. расч.	Бакалавр (дипломник)	25					▨	▨						
6	Провед. экспер.	бакалавр (дипломник)	43							▨	▨	▨	▨		
7	Сопостав. результатов	Руков., Бакал.	4											■	■
8	Офор. отчетов	Бакалавр (дипломник)	4											▨	▨
9	Подвед. итогов	Руков., Бакал.	8											▨	■

10	Заключение	Бакалавр (дипломник)	5																
----	------------	-------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Бакалавр



Руководитель

#### 4.4 Бюджет проводимого исследования

При планировании бюджета проводимого исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета проводимого исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- Материальные затраты;
- Затраты на специальное оборудование для выполняемых работ;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи,...

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} , \quad (7)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Диметилете	Грамм	10,00	15,00	20,00	99,82	123,20	199,04	1147,89	2125,21	4577,81
МТВЕ	Грамм	15,00	20,00	10,00	183,00	192,50	255,52	3156,70	4427,52	2938,46
Амилнитрат	Грамм	10,00	15,00	10,00	166,36	138,60	316,04	1913,15	2390,86	3634,41
Дизель	Литр	1,00	1,00	1,50	38,26	36,96	59,17	44,00	42,50	102,07
Перчатки	Штук	1	2	3	20	23	25	23	52,9	86,25
Колбы	Штук	15	18	20	24	30	40	414	621	920
Пипетки	Штук	6	7	8	30	40	50	207	322	460
Итого								<b>6905,75</b>	<b>9982</b>	<b>12719</b>

#### 4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного руководителя и инженера (бакалавра). Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 14.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб.дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	23264,86	1374,74	13	13	16	17871,62	17871,62	21995,84
Бакалавр	6976,22	412,23	74	78	83	30505,02	32153,94	34215,09
ИТОГО						48376,64	50025,56	56210,93

#### 4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (12)$$

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

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	17871,62	17871,62	21995,84	0.15	2680,74	2680,74	3299,37
Бакалавр	30505,02	32153,94	34215,09		4575,75	4832,09	5132,26
					7256,49	7503,83	8431,63



#### 4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

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

На 2020 г. установлен размер страховых взносов равный 30%. В ТПУ размер отчислений во внебюджетные фонды составляет – 30,2%.

Таблица 15 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	17871,62	17871,62	21995,84	2680,74	2680,74	3299,37
Студент-дипломник	30505,02	32153,94	34215,09	4575,75	4832,09	5132,26
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
<b>Итого</b>						
<b>Исполнение 1</b>	6206,81					
<b>Исполнение 2</b>	6206,81					
<b>Исполнение 3</b>	7639,15					

#### 4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Исполнение 1

$$Z_{\text{накл}} = (6905,75+48376,64+7256,49+5569,68)*0,16 = 68108,56*0,16 = 10897,36 \text{ руб.}$$

Исполнение 2

$$Z_{\text{накл}} = (9982+50025,56+7503,83+5569,68)*0,16 = 73081,07*0,16 = 11692,97 \text{ руб.}$$

Исполнение 3

$$Z_{\text{накл}} = (12719+56210,93+8431,63+6855)*0,16 = 84216,56*0,16 = 13474,64 \text{ руб.}$$

#### 4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 16.

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	6905,75	9982	12719	Пункт 3.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48376,64	50025,56	56210,93	Пункт 3.4.2

3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7256,49	7503,83	8431,63	Пункт 3.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	6206,81	6206,81	7639,15	Пункт 3.4.4
5. Затраты на научные и производственные командировки	0	0	0	Пункт 3.4.5
6. Контрагентские расходы	0	0	0	Пункт 3.4.6
7. Накладные расходы	10897,36	11692,97	13474,64	Пункт 3.4.7
8. Бюджет затрат НТИ	79005,92	84774,04	97691,2	16 % от суммы ст. 1-7

#### 4.5 SWOT-анализ

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

На первом этапе исследуются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 7

Таблица 17– Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экспрессность С2. Простота эксплуатации С3. Низкие затраты на пробоподготовку С4. Широта объектов для анализа С5. Селективность	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Невысокая точность определения Сл2. Необходимость прибора Сл3. Необходимость дорогостоящих реактивов, дополнительных материалов к прибору
<b>Возможности:</b> В1. Разработка шкалы для оценки содержание селена и мышьяк В2. Появление спроса селена и мышьяк В3. Перспективы разработка нового способа определения		

мышьяка и селена на органо-модифицированном электроде методом вольтамперометрии.		
<b>Угрозы:</b> У1. Развития конкурентных методов анализа У2. Ограниченный круг потребителей У3. Повышение стоимости оборудования		

На втором этапе SWOT – анализа рассматривается соответствие сильных и слабых сторон исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 18,19,20 и 21  
Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	0	0	+	+
	B3	+	+	+	+	0

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	0	-	-
	B3	-	-	-

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	-	-	+	-
	У3	-	+	+	-	+

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 22.

Таблица 22 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>C1. Экспрессность</p> <p>C2. Простота эксплуатации</p> <p>C3. Низкие затраты на пробоподготовку</p> <p>C4. Широта объектов для анализа</p> <p>C5. Селективность</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Невысокая точность определения</p> <p>Сл2. Необходимость прибора</p> <p>Сл3. Необходимость дорогостоящих реактивов, дополнительных материалов к прибору</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Разработка шкалы для оценки содержания селена и мышьяк</p> <p>В2. Появление спроса</p>	<p>Разработка нового способа определения мышьяка и селена на органо-модифицированном электроде методом</p>	<p>Отсутствие некоторых необходимых оборудований для проведения опытов. А также не до конца разработан данный метод анализа.</p>

<p>селена и мышьяк</p> <p>В3. Перспективы разработка нового способа определения мышьяка и селена на органо-модифицированном электроде методом вольтамперометрии.</p>	<p>вольтамперометрии.</p> <p>Появится большой спрос на ЛВ за счет быстрого синтеза селена.</p>	
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Развития конкурентных методов анализа</p> <p>У2. Ограниченный круг потребителей</p> <p>У3. Повышение стоимости оборудования</p>	<p>Повышение себестоимости;</p> <p>Экспрессность, простота позволяют предлагаемую методику стать конкурентоспособной.</p>	<p>Недостаточная прибыль;</p> <p>За отсутствие или недостатки материалов к реактивам и оборудованию приносит большие затраты времени для проведения анализа. Также отсутствие спроса на новые методы, конкуренция между методами плохо сказывается на внедрение разработки на рынок.</p>

В результате SWOT-анализа выявлено, что для данного проекта характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз. При правильно разработанной концепции продвижения проекта, можно внедрить определения мышьяка и селена на органо-модифицированном электроде методом вольтамперометрии. на рынок пищевой промышленности, а также в фармацевтический.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник рабочее в лаборатории место имеет право на:

- Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- Получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- Обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

Руководители должны осуществлять технические и санитарно-гигиенические мероприятия, чтобы поддерживать безопасность на объекте, а также осуществлять контроль соблюдения техники безопасности персоналом и своевременно проводить инструктаж.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Снижению психофизических и нервно-эмоциональных нагрузок способствует правильная организация рабочего места. При разработке программы пользователь работает на ПЭВМ более 50% рабочего времени.

Во избежание несчастных случаев следует проводить обучение и проверять знания работников согласно ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. 01.07.1991.

Основные правила работы в лаборатории технического анализа

1. Работать в лаборатории необходимо в халатах (спец.одежде).
2. При проведении работ необходимо строго соблюдать методику выполнения анализа.
3. Категорически запрещается хранить и принимать пищу в лаборатории.
4. Запрещается выливать в раковины остатки кислот, щелочей и органических жидкостей.
5. Нельзя пользоваться неисправными электрооборудованием, приборами.
6. Рабочее место должно быть всегда чистым. На нем не должны находиться лишние предметы, не используемые в опыте.
7. По окончании работы нужно выключить на рабочем месте электроприборы, закрыть газ и водопроводные краны и убрать рабочее место.
8. Все работающие в лаборатории должны уметь оказывать доврачебную помощь при ожогах, отравлениях, поражении электрическим током и в других несчастных случаях.



9. На всех бутылках, банках и другой таре для хранения реактивов и материалов должны иметься четкие и прочные надписи.

## **5.2 Профессиональная социальная безопасность**

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий [38].

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в лабораторных помещениях, являются:

- Температура воздуха;
- Температура поверхностей;
- Относительная влажность воздуха;
- Интенсивность теплового облучения.

### Лабораторное освещение:

Рациональное освещение лаборатории имеет большое санитарно-гигиеническое значение и способствует правильной организации труда. Естественный солнечный свет характеризуется большой интенсивностью и равномерностью освещения, и создает наилучшие условия для работы. В темное время суток территория лаборатории освещается прожекторами. В связи с тем, что условия деятельности лаборатории имеет непрерывный характер работы, особенно важным становится вопрос лабораторного освещения. Поэтому в лабораторных помещениях используется искусственное освещение.

Для искусственного освещения используют светильники с люминесцентными лампами ЛБ - белого цвета или ЛТБ - тепло белого цвета, мощностью 20, 40, 80 Вт.

Согласно действующим санитарным нормам и правилам СНиП 23-05-95 [39], для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, а для естественного и совмещенного - коэффициент естественной освещенности (КЕО).

#### Лабораторный шум:

Работа установки каталитической депарафинизации сопровождается шумом, источником которого являются электродвигатели, насосы, трубопроводы.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создает предпосылки для общих и профессиональных заболеваний, и лабораторного травматизма, а также приводит к ослаблению памяти, внимания, нарушению артериального давления и ритма сердца. Уровни шума не превышают значений, установленных в ГОСТ 12.1.003 – 83 [40].

Снижение шума достигается следующими методами:

- Уменьшение шума и вибрации в источнике их образований;
- Изоляция источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; архитектурно-планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение оборудования, машин и механизмов;
- применение средств индивидуальной защиты согласно техническому регламенту о безопасности средств индивидуальной защиты

### **5.3 Пожаровзрывобезопасность**

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания

вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- Организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- Эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- Технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- Обучение персонала правилам техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

По СП 60.13330.2016, к техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных

шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

Технологические процессы установки каталитической депарафинизации относятся к числу взрывоопасных и пожароопасных.

Продуктами, определяющими взрывоопасность данной установки, являются легковоспламеняющиеся углеводороды, водород и потоки, содержащие сероводород.

По взрывопожарной опасности установка относится к категории «А».

Наиболее опасными на установке являются места, где взрывопожароопасные и токсичные вещества находятся при избыточном давлении и повышенной температуре, а также места, где возможно скопление сероводорода и углеводородных газов:

- Узлы отбора газообразных проб для лабораторного анализа;
- Помещение насосной;
- Постаменты;
- Колодцы промканализации и обратного водоснабжения

#### **5.4 Экологическая безопасность**

Экологические проблемы лаборатории обусловлены тем, что они состоят из немного процессов, связанных огромными количествами сырья и готовой продукции, они также являются интенсивными потребителями энергии и воды, используемыми в ходе выполнения процесса. При операциях хранения сырья и продукции, в процессах переработки на лаборатории происходит воздействие на атмосферу, воду и почву. Изменения в составе нефти могут влиять на состав

выбросов, сбросов и отходов процессов нефтепереработки. Это влияние считается незначительным, так как большинство технологических процессов рассчитаны на эти колебания в составе нефтеперерабатываемых материальных потоков.

Процессы нефтепереработки требуют значительных затрат энергии. Выбросы в атмосферу:  $H_2S$  (сероводород), БТК (бензол толуол-ксилол),  $CS_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ , пыли, дыма с завода и т.д

Основные характеристики загрязняющих веществ включают:

- Общее содержание нефтепродуктов;
- Снижение качества продуктов;
- Влияние на здоровье человека;
- Вызывая изменение климата и глобальное потепление;
- Загрязнение окружающей среды;

### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация, согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [41], обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

К основным видам аварий, происходящих на лаборатории, относятся:

- Механические повреждения оборудования, сооружений, конструкций;
- Взрывы, пожары;
- Химическое заражение;
- Стихийные бедствия, природные явления.

В химических лабораториях проводятся работы, связанные с применением химических веществ, которые могут оказывать вредное действие на организм человека. Значительная часть химических соединений, анализируемых и

синтезируемых в лабораториях, представляет собой горючие и легковоспламеняющиеся вещества. В виде газов, паров и пыли эти вещества с кислородом воздуха могут образовывать взрывоопасные смеси. Многие работы проводятся под высоким давлением, при высоких температурах, в вакууме. Используются стеклянная посуда, электрические приборы и механизмы. Все это требует исключительного внимания к охране труда, технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

При правильной организации работы и соблюдении техники безопасности возможность возникновения пожаров, взрывов, ожогов и т. д. может быть полностью исключена или сведена к минимуму.

Ответственность за общее состояние охраны труда, техники безопасности и промышленной санитарии в лабораториях возлагается на начальника лаборатории. При выполнении работ по отдельным темам ответственность за обеспечение мер безопасности несут их руководители.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно литературным данным, дизельное топливо – это важнейший продукт на НПЗ. Состав и свойства дизельного топлива влияют на цетановое число и выбросы твердых частиц. Состав дизельного топлива в одно-, двух- и тройных углеводородных соединениях, а также в ароматических кольцах напрямую влияет на его физические и химические свойства. В общем, существует взаимосвязь между молекулярной структурой (парафины, олефины, нафтены и ароматические углеводороды), химическими свойствами (цетановое число, температура воспламенения и т. д.) и физическими свойствами (плотность, вязкость, поверхностное натяжение и т. д.) дизельного топлива. Поэтому для улучшения свойств дизельного топлива нам необходимо выбрать соответствующие добавки.

Целью данной исследовательской работы является изучение влияния физико-химических свойств дизельных фракций на эффективность действия цетаноповышающей добавки, таких как: плотность, вязкость, содержание серы, температура кипения (10%, 50%, 90%), молекулярная масса и выбор необходимого количества присадки для эффективного модифицирования цетанового числа и выявления степени приемистости выбранной депрессорной присадки к образцам дизельного топлива.

Исходя из физико-химических свойств вышеуказанных моделей, мы видим, что небольшая плотность для образца № 1 ( $\rho_{15} = 0,8432$ ) и образца № 2 ( $\rho_{15} = 0,8400$ ), может свидетельствовать о том, что в данных образцах содержится больше парафина, чем в образце 3. Также данные образцы характеризуются низкой вязкостью, содержание общей серы находится в пределах указанного диапазона ( $\% S < 0,5$ ), ограничивая выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. И температура кипения (при 10% , 50% , 90%) ниже температуры кипения

образца 3. Цетановый индекс по ASTM и ГОСТ соответствуют требованиям. Образец 1 -  $ЦИ_{ASTM} = 45,03$  и  $ЦИ_{ГОСТ} = 48,12$ . Образец 2 -  $ЦИ_{ASTM} = 45,48$  и  $ЦИ_{ГОСТ} = 50,77$ .

Из-за высокой плотности образца № 3 ( $\rho_{15} = 0,8767$ ) можно предположить, что в нем много нафтеновых и ароматических углеводородов. Вязкость и содержание серы превышают норму, что затруднит транспортировку и вызовет много токсичных выбросов в окружающую среду. Этот образец обладает высокой температурой кипения ( $T_{10\%,50\%,90\%} > 300^{\circ}\text{C}$ ) и большой молекулярной массы ( $M_r = 280,14$  г/моль). Таким образом, цетановый индекс по ASTM и ГОСТ не соответствуют стандартам.  $ЦИ_{ASTM} = 69,99$  и  $ЦИ_{ГОСТ} = 55,16$ .

С целью повышения цетанового числа в данной работе использовалось три различных цетаноповышающих добавки.

В работе установлено, что наибольшее цетаноповышающее влияние присадка №1 (2-этилгексилнитрата) оказала на образец №1 и образец №2. ЦЧ для образца №1 увеличилось с 51 до 53,4 и образца №2 с 51,9 до 54,2. Наибольший модификационный эффект достигнут при количестве присадки 0,1% от объема топлива. Для образцов №3 данная присадка не оказала видимого эффекта на изменение цетанового числа.

Аналогично добавке № 1, цетаноповышающая присадка №2 (Алкилнитрат) оказала влияние на образец №1 и образец №2. ЦЧ для образца №1 увеличилось с 51 до 56 и образца №2 с 50 до 55. Наибольший модификационный эффект достигнут при количестве присадки 0,5% от объема топлива. Худшие результаты повышения ЦЧ наблюдались на образце №3.

Присадка № 3 оказала незначительный эффект при повышении ЦЧ в образцах № 1 и № 2, также данная добавка увеличила цетановое число для образца № 3, однако изменение значений ЦЧ происходит незначительно. Наиболее высокий показатель улучшения ЦЧ достигнут при 0,1% добавляемой присадки в образец.

Таким образом, можно сделать вывод, что добавка № 1 является лучшей



цетаноповышающей добавкой для добавления в тестируемые образцы. Физико-химические характеристики топлива являются важнейшими характеристиками дизельного топлива и изменение их свойств влияет на действие цетановой добавки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» ТР ТС 013/2011 (с изменениями на 2 декабря 2015 г.).
2. Ранд С.Дж. Анализ нефтепродуктов. Методы, их назначение и определение: пер. с англ. 8-го изд./С.Дж. Ранд и др.; под ред. Е.А. Новикова, Л.Г. Нехамкиной. - ЦОП «Профессия»; Спб.:2012. - 664 с.
3. Буров Е. А. Дисс. ... канд. хим. наук. Москва: Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015. 152 с.
4. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-5689-2013-nhien-lieu-diezen-do-yeu-cau-ky-thuat>
5. Нефть и газ технологии и продукты переработки имени В.Е.Агабеков, В.К. Косяков –. 2011.97с
6. Курочкин И.М. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Островиков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков// Тамбовский государственный технический университет: 2008. – 21 с
7. Современные моторные топлива. Учебное пособие/ Тараканов Г.В. // АГТУ. – 2010. – С. 102.
8. Топлива и масла. Методы улучшения их эксплуатационных свойств: *Учебное пособие* / Т. Ф. Ганиева, Р. З. Фахрутдинов, Н. Ю. Башкирцева. - СПб. // Проспект Науки, 2017. - 160 с.
9. Diesel Fuels Technical Review // Global Marketing , 2018 – P.4
10. Современные моторные топлива. Учебное пособие / Тараканов Г.В. // АГТУ. – 2010. – С. 102
11. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов – Уфа: Гилем / Ахметов С.А., 2013. – 868 с.

12. Применение присадок в топливах / Данилов А. М// СПб.: Химиздат, 2010. - 368 с.
13. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия/ Капустин В.М., Рудин М.Г. 2013. – 496 с.
14. Antifoams in diesel fuel. 2nd International Colloquium on Fuels, / Kugel, K.// Esslingen, Germany. 2019 - P. 84-89.
15. Next antifoam generation for multi-functional diesel fuel additive packages. 5th International Colloquium Fuels / Venzmer, J., Hänsel, R.// Esslingen, Germany. 2005 – P. 18-20.
16. Antifoams for diesel fuel: What is so special about organomodified siloxanes—or why are there no organic antifoams for diesel fuel? 6th International Colloquium on Fuels, Venzmer, J., Hänsel, R., Stadtmüller. S // Esslingen, Germany. 2017 - P. 77-83
17. Standard Test Method for High Temperature Stability of Middle Distillate Fuels, ASTM International: West Conshohocken. 2008 - C. 85-91
18. Chemistry of Diesel Fuels. Applied Energy Technology / Song, C.. 2010 - P. 93-98
19. Storage Stability Studies of U.S. Navy Diesel Fuel Marine, in Division of Petroleum Chemistry Inc., Jones, L., D.R. Hardy, and R.N. Hazlett// American Chemical Society Meeting, American Chemical Society: Washington, DC. 2018 - P. 300-305
20. Military Specification, in Stabilizer Additive, Diesel Fuel. 2018 - P. 207-213.
21. Uniform Laws and Regulations in the areas of legal metrology and engine fuel quality as adopted by the 97th National Conference on Weights and Measures 2012. NIST Handbook 130, in Uniform Engine Fuels and Automotive Lubricants Regulation, 2013, National Institute of Standards and Technology: Washington
22. Топливо и смазочные материалы. Учебное пособие. / Сырбаков А.П., Корчуганова М.А. // Издательство Томского политехнического университета.- 2015. – 159 С.
23. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. – М.: Стандартинформ, 2012. – 36 с.

24. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. – М.: Стандартиформ, 2005. – 20 с.
25. Лабораторный практикум. Химия нефти и газа//Н.И.Кривцова Н.Л.Мейран Е.М.Юрьев, 2018 – с.40
26. ГОСТ 1101-85 нефти и нефтепродукты. Метод определения фракционного состава в аппарате АРН -2
27. ГОСТ 32139-2013.Определение содержания серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии
28. ГОСТ 27768-88. Определение цетанового индекса. – М.: Издательство стандартов. 1988.
29. Стандарту ASTM. Метод определения ЦИ дизельных фракций расчетным методом
30. Инженерно-внедренческий центр [Электронный ресурс]. URL: <http://ingehim.ru/>. Дата обращения: 25.04.2016 г.
31. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию - 5-е изд., стереотипное. - М.: ООО ИД «Альянс», 2010. — 496 с.
32. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
33. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
34. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
35. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
36. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.

37. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.
38. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату лабораторных помещений. Дата введения: 01.06.96. – 12 с.
39. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Дата введения: 01.01.1996 – 36 с.
40. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. Дата введения: 01.11.2013 – 18 с.
41. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. Дата введения: 01.01.1996 – 16 с.