

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик реактивных топлив

УДК 665.753.2:544

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Аматова Бегимай Кубанычбековна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Егор Михайлович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП по направлению подготовки бакалавров

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), СДИО(пп. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), СДИО (пп. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2 ,3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), СДИО (пп. 1.2, 2.1, 4.5)
Р4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3) СДИО (пп. 1.3, 4.4, 4.7)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), СДИО (п. 2.2)
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5) СДИО (пп. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), СДИО (п. 2.5)

P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранном языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), CDIO (пп. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ОК-3, 4) , Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3) CDIO (пп. 4.7, 4.8, 3.1)

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К4А	Аматовой Бегимай Кубанычбековне

Тема работы:

Исследование физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик реактивных топлив

Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 05.03.18 г. № 1489/с
--	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образец реактивного топлива, предоставленный ООО «Аэропорт ТОМСК», образец прямогонного дизельного топлива, с одного из месторождений Томской области, а так же их смеси.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Обзор литературы 1.1 Общее представление и состав реактивных топлив 1.2 Основные свойства реактивных топлив 1.3 Марки реактивных топлив и стандарты, регламентирующие их выпуск в Российской Федерации 1.4 Присадки к реактивным топливам 2 Объект и методы исследования 2.1 Объект исследования 2.2 Метод определения фракционного состава 2.3 Метод определения плотности 2.4 Метод определения кинематической вязкости 2.5 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах 2.6 Метод определения низкотемпературных

	свойств 3 Расчеты и аналитика 3.1 Определение свойств реактивного топлива 3.2 Определение свойств прямогонного дизельного топлива 3.3 Определение свойств смесей реактивного и дизельного топлив 4 Результаты проведенного исследования 4.1 Оценка соответствия свойств реактивного топлива требованиям стандартов 4.2 Оценка соответствия свойств прямогонного дизельного топлива требованиям стандартов 4.3 Оценка соответствия свойств смесей реактивного и дизельного топлив требованиям стандартов 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность
Перечень графического материала	Нет

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент ОСГН, к.э.н., Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	ассистент ООД ШБИП, Немцова Ольга Александровна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Киргина Мария Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Аматова Бегимай Кубанычбековна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К4А	Аматовой Бегимай Кубанычбековне

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа.</i>
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<i>Составление календарного плана проекта. Определён бюджет НИ</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Спроектирована конкурентоспособная разработка, отвечающая требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НИ 4. Определение бюджета НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 6. Сравнительная эффективность разработки 	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	09.02.2018г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Аматова Бегимай Кубанычбековна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К4А	Аматовой Бегимай Кубанычбековне

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – физико-химические свойства реактивных топлив.</p> <p>Рабочая зона – лаборатория, технологическая зона.</p> <p>Область применения – нефтегазовая промышленность.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность; – Отклонений показаний микроклимата в помещении; – Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу; – Превышение уровней шума. <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток; – Пожароопасность. 	<p>1.1. Выявление вредных факторов в лаборатории и технологической зоне (реактивное топливо):</p> <ul style="list-style-type: none"> - утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу (реактивное топливо); - недостаточная освещенность рабочего места; - Превышение уровней шума; - Отклонение показателей микроклимата в помещении. <p>1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожароопасность; – электробезопасность; – взрывоопасность.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> - вредные вещества, выделяющиеся, во время производственного процесса, проходят через вентиляционную систему в атмосферу; - химическое загрязнение водотоков в результате удаления неорганических и органических отходов в канализационную сеть; - выброс пожароопасных веществ в атмосферу в результате повышения температуры в аппаратах выше регламентного;

	<ul style="list-style-type: none"> - отходы; - разработаны решения по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения-аварии на производстве (пожары взрывы); - ЧС конфликтного характера (конфликты в сфере социальных отношений); - стихийные бедствия (наводнения, ураганы, снежные заносы, лесные пожары). Разработка действий на случай возникновения ЧС и мер по ликвидации ее последствий (ГОСТ Р 22.0.01-94): -использование средств пожаротушения; -в случае ЧС конфликтного характера задействовать охрану предприятия; -эвакуация персонала в случае стихийного бедствия.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014) -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	09.02.2018г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К4А	Аматова Бегимай Кубанычбековна		

Реферат

Выпускная работа содержит 97 с., 29 таблиц, 40 источников.

Ключевые слова: реактивное топливо, дизельное топливо, низкотемпературные свойства, смеси, стандарт.

Объект исследования – образец реактивного топлива, предоставленный ООО «Аэропорт ТОМСК», образец прямогонного дизельного топлива, с одного из месторождений Томской области, а так же их смеси

Цель работы – исследовать физико-химические свойства и эксплуатационные характеристики реактивных топлив и оценить целесообразность их использования в качестве низкотемпературной добавки к прямогонным дизельным топливам

В процессе исследования были исследованы физико-химические свойств и эксплуатационных характеристики образцов реактивного и дизельного топлива, а так же их смесей.

В результате исследования установлена целесообразность использования реактивного топлива (в т.ч. совместно с депрессорно-диспергирующими присадками) в качестве низкотемпературной добавки к прямогонным дизельным топливам.

Установленные закономерности, позволят производителям дизельных топлив повысить низкотемпературные свойства и качество производимых моторных топлив.

Оглавление

Введение	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
1.1 Общее представление и состав реактивных топлив	16
1.2 Основные свойства реактивных топлив.....	19
1.2.1 Фракционный состав	19
1.2.2 Плотность	20
1.2.3 Удельно (массовая) теплоемкость	21
1.2.4 Вязкость	21
1.2.5 Сера и серосодержащие соединения	22
1.2.6 Низкотемпературные свойства	23
1.2.7 Содержание воды в реактивных топливах.....	24
1.2.8 Загрязнение авиационных топлив	26
1.2.9 Содержание углеводородов	27
1.2.10 Нагарообразующие свойства	28
1.3 Марки реактивных топлив и стандарты, регламентирующие их выпуск в Российской Федерации	29
1.4 Присадки к реактивным топливам	35
1.5 Авиационные керосины как присадки к дизельным топливам	37
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1 Объект исследования	38
2.2 Метод определения фракционного состава	38
2.3 Метод определения плотности	39
2.4 Метод определения кинематической вязкости.....	40
2.5 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах	41
2.6 Метод определения низкотемпературных свойств	42
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	44
3.1 Определение свойств реактивного топлива.....	44
3.2 Определение свойств прямогонного дизельного топлива	45

3.3	Определение свойств смесей реактивного и дизельного топлив	46
4	Результаты проведения исследования	48
4.1	Оценка соответствия свойств реактивного топлива требованиям стандартов.....	48
4.2	Оценка соответствия свойств прямогонного дизельного топлива требованиям стандартов	49
4.3	Оценка соответствия свойств смесей реактивного и дизельного топлив требованиям стандартов	50
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	53
5.1.2	SWOT-анализ.....	54
5.2	Планирование научно-исследовательских работ	59
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	59
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	60
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	64
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
5.2.5	Расчет материальных затрат НТИ	60
5.2.6	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	61
5.2.7	Основная заработная плата исполнителей темы	70
5.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
5.2.9	Накладные расходы.....	72
5.2.10	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	72
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
6	Социальная ответственность	77
6.1	Производственная безопасность	78
6.1.1	Вредные факторы	78
6.1.2	Характеристика вредных факторов.....	70

6.1.3 Недостаточная освещенность в лаборатории	71
6.1.4 Отклонение показателей микроклимата в помещении.	80
6.1.5 Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу	81
6.1.6 Превышение уровней шума	82
6.2 Характеристика опасных факторов, которые может создать объект исследования	83
6.2.1 Электрический ток	83
6.2.2 Пожарная безопасность	84
6.3 Экологическая безопасность	87
6.3.1 Воздействие на атмосферу.....	87
6.3.2 Воздействие на гидросферу	87
6.3.3 Воздействие на литосферу.....	87
6.3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
6.3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
Выводы	91
Список публикаций студента	83
Список использованных источников	84

Введение

Ежедневно осуществляется более 100 тысяч авиарейсов. Общемировое потребление авиационного топлива в год составляет более 300 млн. тонн. Приведенные цифры показывают масштабность всей системы авиатопливообеспечения. Уверенность пользователей авиатранспорта в надежности и безопасности перелета, напрямую зависит от уверенности в качестве авиационного (реактивного) топлива. На 2017 год объемы производства реактивного топлива составили 11 406 тыс. тонн, что на 18,5% выше производства за предыдущие годы. Из них около 85% были поставлены на внутренний рынок, остальное – на экспорт [1].

Дизельное топливо в Российской Федерации является одним из самых распространенных видов топлива наряду с автомобильным бензином, что свидетельствует о больших объемах потребления и производства. За последние 3 года объемы производства дизельного топлива на территории Российской Федерации значительно выросли и на 2017 год составили 76 848 тыс. тонн [2].

Важнейшим фактором при производстве является соответствие выпускаемых топлив требованиям стандартов. На территории Российской Федерации, производство и выпуск реактивных и дизельных топлив регламентируется государством, по средствам таких нормативных документов как ГОСТ 10227-2013 «Топлива для реактивных двигателей. Технические условия» и ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия», а так же Технического регламента Таможенного союза РТ ТС 013/2011, имеющего самый высокий приоритет в области оборота и изготовления моторных топлив.

Основной проблемой в использования дизельного топлива на территории Российской Федерации являются сложные климатические условия, в особенности в Западно-Сибирской части России. Это связано с кристаллообразованием в дизельном топливе при низких температурах, что отрицательно влияет на работу двигателя. Низкотемпературные свойства дизельного топлива могут быть улучшены с помощью депрессорно-

диспергирующих присадок или добавлением реактивного топлива в определенных соотношениях.

Таким образом, **целью** данной работы является исследование физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик реактивных топлив и оценка целесообразности их использования в качестве низкотемпературной добавки к прямогонным дизельным топливам.

Для достижения поставленной цели были обозначены следующие **задачи**:

1. исследовать физико-химические свойств и эксплуатационных характеристики образца реактивного топлива (фракционный состав, плотность, вязкость, содержание серы, низкотемпературные свойства).
2. исследовать физико-химические свойств и эксплуатационных характеристики образца прямогонного дизельного топлива (фракционный состав, плотность, вязкость, содержание серы, низкотемпературные свойства, цетановый индекс).
3. исследовать физико-химические свойств и эксплуатационных характеристики смесей реактивного и дизельного топлив, оценить целесообразность использования реактивного топлива (в т.ч. совместно с депрессорно-диспергирующими присадками) в качестве низкотемпературной добавки к прямогонным дизельным топливам.

Объектом исследования в данной работе выступили образец реактивного топлива, предоставленный ООО «Аэропорт ТОМСК», образец прямогонного дизельного топлива, с одного из месторождений Томской области, а так же их смеси.

Предметом исследования стали состав, физико-химические и низкотемпературные свойства реактивных и дизельных топлив, а так же их смесей.

Установлена целесообразность использования реактивного топлива (в т.ч. совместно с депрессорно-диспергирующими присадками) в качестве низкотемпературной добавки к прямогонным дизельным топливам.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общее представление и состав реактивных топлив

Реактивное топливо (авиационный керосин) – является прозрачной или желтоватой углеводородной смесью, получаемой путем прямой перегонки или в процессе ректификации нефти. Данное углеводородное топливо предназначено для летательных аппаратов с воздушно-реактивным двигателем, таких как вертолеты, самолеты и ракеты [3].

Реактивное топливо применяется в турбовинтовых двигателях не только как топливо, но также используется для смазывания деталей топливных систем и может служить хладагентом. Исходя из этого, следует, что данное топливо должно обладать хорошими низкотемпературными и противоизносными свойствами, а также высокой термоокислительной стабильностью и большой удельной теплотой сгорания.

Основные марки авиационных керосинов, производимых в России: ТС-1, Т-6, Т-8В, РТ, Т-1, Т-2. Но из всех вышеперечисленных марок авиационного керосина массово производятся и используются только марки ТС-1 и РТ [4]. В связи с высокими требованиями, предъявляемыми к качеству данного вида топлива, используются авиационные керосины только высших или первых сортов.

Все виды топлива для реактивных и турбореактивных двигателей можно разделить на три основных типа:

- **Керосиновое:** состоит преимущественно из углеводородов с числом атомов углерода в диапазоне от C_9 до C_{16} .
- **Смешанное:** керосины смешаны с лигроинами с низкой температурой воспламенения, чтобы получить низкокипящее топливо, содержащее углеводороды с числом атомов углерода в диапазоне от C_4 до C_{16} .
- **Высокотемпературное керосиновое:** смесь керосинов, имеющих минимальную температуру вспышки $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На сегодняшний день требования в мире к авиатопливу все больше ужесточаются. Общемировое производство реактивного топлива на данный момент составляет в среднем 5% от объема всей перерабатываемой нефти (примерно 2% – в Европе и развивающихся странах, и 7% – в Северной Америке). В мирное время военные потребляют около 10% от общих ресурсов реактивных топлив [5].

По способу получения на производстве, реактивные топлива, делятся на: *прямогонные* и *гидрогенизационные*. *Прямогонные реактивные топлива* Т-1 и ТС-1 получают компаундированием керосиновых фракций, полученных при первичной перегонке нефти. Технология получения гидрогенизационных топлив РТ, Т-6, Т-8В включает гидроочистку и гидрокрекинг керосиновых фракций, полученных при первичной перегонке нефти [6].

Гидрогенизационные реактивные топлива имеют более высокую плотность и более низкое давление насыщенных паров, чем прямогонные реактивные топлива. Более высокая плотность обеспечивает большую дальность полёта самолёта с полностью заправленными топливными баками. Более низкое давление ненасыщенных паров позволяет применять гидрогенизационные реактивные топлива на летательных аппаратах с более высокой скоростью полёта, в том числе, и с большой продолжительностью сверхзвукового полёта. Так как скорость полёта самолётов гражданской авиации постоянно растёт, будущее за гидрогенизационными реактивными топливами [7].

Авиатопливо характеризуется фазовым и элементарным составом. Средний элементарный состав авиатоплива представлен в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Элементарный состав авиатоплива

Элемент	Содержание, % мас.
Сера	0,001-0,01
Азот	0,03-0,7
Кислород	0,1-0,3
Водород	12-16
Углерод	80-87

Элементы, представленные в таблице 1.1, содержатся в реактивном топливе в виде различных химических соединений. Авиационное топливо по фазовому составу представляет собой гетерогенную коллоидную систему, которая состоит из основной дисперсионной среды и дисперсных фаз.

Жидкая дисперсионная среда (основная) представлена в виде смеси взаиморастворимых углеводородов различного состава и строения, в том числе органических соединений, содержащих серу, кислород и азот [8].

Основные дисперсионные фазы:

- твердая (пыль, почва, продукты износа и коррозии технологического оборудования, кристаллы льда);
- жидкая (микрокапли воды, образующие эмульсию воды в топливе);
- газовая (пузырьки газов, выделяющиеся по всему объему топлива при повышении температуры или понижении давления);
- биофаза (более 100 видов микроорганизмов и грибов).

Основной состав авиационного керосина можно определить методом нефтяной переработки. Если учитывать в целом, то любой вид авиационного топлива состоит из типовых углеводородов, но в разных пропорциях. Групповой углеводородный и элементарный состав реактивных топлив приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Групповой углеводородный и элементарный состав реактивных топлив

Марка топлива	Групповой углеводородный состав, % мас.				Элементарный состав, % мас.	
	Алканы	Циклоалканы	Арены	Олефины	С	Н
Т-1	32-51	35-52	14-16	0,4-0,5	86,2-86,5	13,5-13,7
ТС-1	59-62	21-24	15-16	0,7-1,0	85,7-85,8	14,0-14,1
Т-2	59-66	19-29	11-15	0,1-0,3	85,8-86,1	13,9-14,2
Т-6	22-27	51-58	18-19	0,6	85,8-86,0	13,9-14,1
РТ	53-58	25-30	12-22	0,2-0,3	86,4-86,6	13,4-13,6

Анализируя таблицу 1.2, можно прийти к выводу, что циклоалканы и алканы содержатся в топливе в больших количествах, а содержание олефиновых углеводородов значительно ниже, содержание аренов составляет

порядка 10-22 % мас. Так же, в состав авиационных керосинов могут входить парафины, примеси сернистых, азотистых или кислородных соединений.

Физико-химические свойства авиатоплив напрямую зависят от химического состава. К примеру, наличие большого количества парафинов, сильно понижает пропускаемость топлива через фильтр при низких температурах, что может привести к трудностям работы двигателя или же к его полной остановке [9].

1.2 Основные свойства реактивных топлив

К реактивным топливам предъявляются множество требований, которые с каждым годом ужесточаются. Для соответствия европейским стандартам, необходим жесткий контроль качества. Основными свойствами реактивных топлив является фракционный состав, вязкость, плотность, содержание серы и низкотемпературные показатели [10].

1.2.1 Фракционный состав

Для реактивных двигателей используют топлива различного *фракционного состава* с широким диапазоном выкипания (от 180 °С до 220 °С). Фракционный состав продуктов нефтепереработки характеризует содержание в топливе фракций, выкипающих в определенных температурных пределах. В технических условиях на авиационное топливо кривая фракционной разгонки задаётся в табличном виде. При этом выделяются следующие её характерные точки: t_n – температура начала перегонки; t_{10} , t_{50} , t_{90} , t_{98} – температуры выкипания 10%; 50%; 90%; 98% по объему фракции топлива соответственно.

Температура начала перегонки определяет потери топлива на испарение при хранении в резервуарах складов горюче-смазочных материалов (ГСМ) и при высотных полётах. Чем ниже температура начала перегонки, тем эти потери больше.

Чем ниже t_n , тем раньше возникает кавитация при высотных полётах. При её возникновении подача топлива в двигатель практически прекращается и происходит отказ двигателя [11].

Испаряемость топлива определяют по температуре начала перегонки и температуре, при которой выкипает 10% по объему фракции. Также, можно определить такие показатели, как, пожароопасность, пусковые свойства, склонность к образованию паровых пробок в топливной системе и т.д. Чем ниже температура начала перегонки и температура выкипания 10% по объему фракции, тем выше вероятность нарушения работы топливной системы и выше объем испарения топлива.

Температура, при которой выкипает 10% по объему фракция, является показателем стабильности различных партий одного вида топлива. А температура выкипания 90-98% по объему фракции, является показателем содержания в топливе высокомолекулярных углеводородов. Чем выше эти температурные показатели, тем труднее достигается полнота сгорания топлива, выше дымление, саже- и нагарообразование.

Отсюда следует, что повышение испаряемости топлива имеет свои достоинства и недостатки. К недостаткам относится испаряемость при эксплуатации и хранении, также ухудшаются условия работы топливных насосов и сокращается их эксплуатация. А преимуществами выступают такие показатели, как: легкий запуск двигателя, повышение полноты сгорания и т.д.

1.2.2 Плотность

Немаловажную роль в эксплуатации играет *плотность* авиационного керосина. С содержанием в топливе тяжелых углеводородов его плотность увеличивается. Разница плотностей между различными марками авиационного керосина в среднем составляет 5-10%. К примеру, плотность для марки авиатоплива ТС-1 при 20 °С составляет 780 кг/м³, для марки ТС-2 – 766 кг/м³, для марки Т-6 – 841 кг/м³, плотность топлива марки РТ составляет 778 кг/м³, а керосина марки Т-1 при температуре 20 °С – 819 кг/м³ [12].

Практически, как и все продукты нефтепереработки, плотность авиационного керосина снижается при увеличении температуры, связано это

с последующим увеличением объема за счет теплового расширения. Например, плотность керосина марки Т-1 при температуре 270 °С становится равной 618 кг/м³. Если сравнить плотность авиакеросина с другими видами топлива, то близко по величине плотности дизельное топливо, которое имеет плотность около 860 кг/м³, и бензин с плотностью от 680 до 800 кг/м³. Плотность авиационного керосина меньше плотности воды. При добавлении керосина в воду будет образовываться маслянистая пленка на поверхности из авиационного нефтепродукта.

1.2.3 Удельно (массовая) теплоемкость

Значение *удельной (массовой) теплоемкости* керосина определяется его составом, то есть содержанием ароматических и парафиновых углеводородов. Теплоемкость авиационного керосина низка, если в его составе мало парафинов и олефинов. При нагревании топлива, удельная теплоемкость керосина увеличивается. Зависимость теплоемкости от температуры носит нелинейный характер. При комнатной температуре удельная теплоемкость топлива может составлять 2000 Дж/(кг·К). При высоких температурах значение этого теплофизического свойства керосина может достигать 3300 Дж/(кг·К) [13]. Также наблюдается зависимость теплоемкости от давления, но, следует отметить, что зависимость не линейна. При повышении давления теплоемкость уменьшается – при высоких температурах влияние давления усиливается.

1.2.4 Вязкость

Вязкость авиакеросина определяется количеством и размерами ассоциатов молекул углеводородов в его составе. Масштаб таких молекулярных связей напрямую зависит от температуры топлива. При низких температурах они достаточно многочисленны и имеют крупные размеры, что делает керосин в этих условиях ощутимо вязким. Вязкость топлива уменьшается с повышением температуры. Коэффициент кинематической вязкости имеет меньшую скорость такого снижения, чем динамический, поскольку плотность керосина также изменяется с

температурой. Например, при нагревании керосина с 20 до 200 °С его динамическая вязкость уменьшается в 5-7 раза, а кинематическая – в 4-8 [13].

1.2.5 Сера и серосодержащие соединения

Сера является постоянной частью сырой нефти. В сырой нефти можно обнаружить серу только в виде сернистых соединений, а в продуктах нефтепереработки сера может находиться как в чистом виде, так и в форме органических соединений сероводорода. Это объясняется тем, что в процессе окисления сера переходит в элементарную форму [14].

Содержание серы в нефтепродуктах необходимо всегда определять для контроля качества. Сера в чистом виде и серосодержащие соединения в составе нефтепродуктов являются крайне вредными токсичными примесями. Вредные примеси отрицательно влияют на антидетонационные характеристики бензина и способствуют повышению количества образующихся смол в продуктах крекинга. Нефтепродукты с высоким содержанием серы обладают коррозионной агрессивностью, что весьма сильно сокращает срок службы металлических изделий.

Сера при соединении с водяными парами может образовывать в атмосфере пары сернистой и серной кислоты, в результате выпадают атмосферные осадки в виде кислотных дождей, что наносит прямой вред здоровью человека, вызывает раздражение органов дыхания, а также наносит необратимый вред почве и растениям.

Исходя из вышеперечисленных фактов появляется необходимость в постоянном контроле всех нефтепродуктов на содержание серы и ее различных соединений в их составе.

Чем выше фракция нефти, тем ниже в нем содержания серы. В мазуте концентрация серы превышает 50%, а в более светлых фракциях (бензин, дизельное топливо, реактивное топливо) имеется минимальное количество серосодержащих соединений.

1.2.6 Низкотемпературные свойства

Низкотемпературные свойства нефти и ее продуктов показывают их подвижность, а также по плотности можно косвенно оценить наличие в них некоторых групп углеводородов. Содержание парафинов в составе нефти приводит к застыванию при более высоких температурах, а смолистые вещества наоборот понижают температуру застывания [10].

Основными низкотемпературными характеристиками нефтепродуктов является температуры помутнения, начала кристаллизации, застывания, плавления и предельная температура фильтруемости. Все выше перечисленные свойства определяются на основе ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации». По достижении температуры помутнения топливо продолжают охлаждать до появления первых кристаллов.

Температуру начала кристаллизации можно считать достигнутой, если невооруженным глазом наблюдаются кристаллы ароматических углеводородов (бензол затвердевает уже при 5,5 °С). Данные кристаллы могут забивать топливные фильтры, нарушая подачу топлива, что является опасным для работы двигателя. Поэтому по техническим условиям температура начала кристаллизации авиационных и реактивных топлив не должна превышать -60 °С.

Температурой застывания называют то состояние топлива, при которых теряется его подвижность. Исходя из этого, температура застывания имеет большое значение при транспортировке и эксплуатации топлива в зимних условиях. Потерю подвижности топлив можно объяснить фазовым переходом вещества из обычной вязкости к структурной.

В парафинистых нефтепродуктах при низких температурах образуется кристаллический каркас. Жидкая часть нефтепродукта, которая не успела застыть находится внутри сетки и таким образом становится неподвижной.

Скорость роста кристаллов зависит от вязкости среды и прямо пропорциональна концентрации парафиновых углеводородов [15].

При наличии поверхностно-активных или смолистых веществ задерживается процесс кристаллизации парафинов. Поэтому температура застывания масляных дистиллятов после очистки от смол повышается. Но существуют вещества, при добавлении которых в состав топлива, температуры застывания понижается. Их называют депрессорами или депрессорными присадками.

Предельная температура фильтруемости (ПТФ) характеризует низкотемпературные свойства топлив (главным образом дизельных утяжеленного фракционного состава). ПТФ обычно фиксируется на несколько градусов ниже, чем температура помутнения.

Предельная температура фильтруемости показывает минимальную температуру прохождения топлива через стандартный фильтр. Это связано с тем, что при определенной температуре образуется достаточно много кристаллов парафина, которые, осаждаваясь на поверхности фильтра, прочно его забивают.

1.2.7 Содержание воды в реактивных топливах

В составе нефти и нефтепродуктов может содержаться вода в разных концентрациях. Вода является нежелательным компонентом в составе любых нефтепродуктов и прямо влияет на качество и эксплуатационные свойства топлив. В топливе вода может быть гигроскопичной и эмульсионной, а при температурах ниже нуля и суспензионной.

Гигроскопичность топлив бывает обратимой и необратимой. При необратимой гигроскопичности вода образует устойчивые химические соединения с компонентами топлива и происходит поглощение топлива водой. Данную связь практически невозможно разорвать даже с помощью резких колебаний температур и давления.

Обратимая гигроскопичность напротив чувствительна к колебаниям температуры и давления, так как в данном случае, топливо является

поглотителем и при воздействии на него легко выделяет воду в виде отдельной фазы. Это объясняется тем, что вода имеет способность заполнять межмолекулярные пространства без химического взаимодействия. Поэтому вода, поглощенная топливом, будет заполняться либо вытесняться из него при колебании температуры и изменении межмолекулярного объема.

Концентрация гигроскопичной (растворимой) воды в топливе может составлять от 0,002 до 0,006 % мас. Общее содержание воды в топливе зависит от молекулярного веса углеводов, влажности, химического состава, атмосферного давления, температуры топлива и окружающего воздуха [16].

Количество воды, растворенное в топливе, согласно закону Генри, определяется уравнением:

$$C = C_{\max} \cdot P / P_{\text{нас}} \quad (1.1)$$

где C – концентрация воды в топливе; C_{\max} – максимально возможная концентрация воды в топливе при данной температуре; P – парциальное давление паров воды в воздухе (абсолютная влажность); $P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара воды при температуре раствора (максимальная влажность).

Отношение $P/P_{\text{нас}}$ называется относительной влажностью. При повышении влажности воздуха количество растворенной воды возрастает и достигает максимума при 100% влажности.

Изменение температурных условий и давления влияет на количество влаги, растворенной в топливе. К примеру, при понижении температуры гигроскопичность топлив также уменьшается, но количество относительной влаги в воздухе увеличивается. Молекулы воды из межмолекулярного пространства частично испаряется, а основная часть выделяясь образует эмульсию типа «вода в топливе».

Влияние температуры приводит к коагулированию микрокапель воды. С увеличением капель воды начинается ее медленное отстаивание. Такой процесс образования эмульсионной воды происходит в баках летательных

аппаратов при наборе высоты, и вызывается он снижением влажности воздуха, давления и температуры в надтопливном пространстве.

При низких температурах эмульсия воды кристаллизуется, образуя веретенообразные игольчатые кристаллы льда. Эти кристаллы располагаются не только во всем объеме топлива, но и сосредотачиваются на поверхности всей жидкости. Топливо со взвешенными кристаллами льда представляет собой подвижную систему – суспензию. Что в результате приводит к забивке фильтра и прекращению подачи топлива, и к дальнейшему выключению двигателя.

Во избежание образований кристаллов льда в реактивном топливе используют конструктивные и физико-химические методы. Суть конструктивных методов заключается в подогреве топливных фильтров при их забивке кристаллами льда.

Физико-химические методы предусматривают ряд действий включающих впрыск жидкостей, растворяющих кристаллы льда на фильтре, заморозку топлива для последующей фильтрации с целью удаления тех же кристаллов льда непосредственно при подготовке топлива к заправке и введении специальных присадок, образующих во взаимодействии с водой антифриз.

1.2.8 Загрязнение авиационных топлив

Источниками загрязнений реактивных топлив и всех нефтепродуктов выступают материалы и вещества, контактирующие с топливом. Такие как:

- минеральные примеси, попадающие в топливо из перерабатываемой нефти;
- продукты коррозии на деталях топливных аппаратах, а также на технологических поверхностях, с которыми контактирует топливо при транспортировке или хранении;
- попавшие загрязнители через «дыхательную» систему резервуаров и дренажную систему топливных баков.

Спектральный анализ твердых частиц показывает, что в составе реактивных топлив присутствуют такие элементы, как Si, Fe, Cu, Sn, Pb, Mg, Al, Zn, Cr, Ni, Ti, Mn, P и др. Загрязняющие частицы имеют различные формы и размеры их находятся в пределах от 1 до 40 мкм.

Многоступенчатая фильтрация помогает избавиться от больших по размеру загрязнителей. Микрозагрязнения в условиях эксплуатации могут приводить к заклиниванию топливорегулирующей аппаратуры, повышать износ деталей топливных агрегатов, интенсифицировать коррозию топливного оборудования и процессы окисления углеводородов.

Поэтому чистота реактивных топлив требует повышенного внимания и к ним предъявляются высокие требования. Согласно Российским нормативам, содержание механических примесей не должно превышать 2 г/т (0,002 % мас.). Для получения такого чистого реактивного топлива необходимо долгое отстаивание топлива в резервуарах (не менее 4 часов на 1 м высоты налива топлива). А также трехступенчатая фильтрация топлива, которая является неотъемлемой частью очистки от механических примесей. Топливо пропускается через систему фильтров с последовательно уменьшающейся тонкостью фильтрации: 20 мк, 10 мк, 3 мк. Предусмотрена также периодическая зачистка резервуаров хранения топлива от накопившихся загрязнений [17].

1.2.9 Содержание углеводородов

Исходя из опыта, можно понять, что различные группы углеводородов, входящие в состав керосиновой фракции, далеко не равноценны. В составе реактивных топлив парафиновые и нафтеновые группы углеводородов являются наиболее желательными. Так как данные группы обладают высокой химической стабильностью, имеют большую теплоту сгорания, при длительном хранении не окисляются и при сгорании в двигателе дают мало нагара.

Менее желательными являются ароматические углеводороды. Учитывая, что их весовая теплота сгорания почти на 10% ниже теплоты

сгорания парафиновых углеводородов, также при сгорании ароматических углеводородов наблюдается повышенное нагарообразование в двигателе.

Данного вида углеводороды обладают высокой гигроскопичностью и оказывают вредоносное влияние на баки самолетов. Следовательно, содержание ароматических углеводородов жестко нормируется экологическими стандартами. Несмотря на то, что ароматические углеводороды обладают высокой плотностью и теплотой сгорания, по энергетическим показателям они являются наименее желательным компонентом в составе реактивного топлива.

Отсюда следует, что высококачественное реактивное топливо должно представлять собой смесь разветвленных алканов и циклоалканов различной структуры. Содержание ароматических углеводородов должно быть ограничено, а неуглеводородные компоненты – полностью отсутствовать [18].

1.2.10 Нагарообразующие свойства

Сгорание топливных углеводородов приводит к образованию твердых тонкодисперсных частиц, близких по составу к углероду. Некоторая часть этих частиц уносится с продуктами сгорания в виде дыма, другая часть оседает в виде нагара на стенках жаровых труб камер сгорания и, особенно, в зоне ввода в камеру сгорания первичного воздуха. Толщина нагара в этой зоне может достигать 3-4 см.

Отложение нагара отрицательно влияет на теплопроводность и приводит к возникновению температурного градиента. В следствии кусочки нагара могут отрываться, что приведет к повреждению лопаток турбин [8].

Для оценки склонности топлива к образованию нагара используется стандартная керосиновая лампа. Длина пламени в момент образования копоти принимается за точку дымления (h). Чем выше точка дымления (высота не коптящего пламени), тем меньше склонность топлива к нагарообразованию.

Зависимость точки от группового состава углеводородов выражается уравнением:

$$h = 0,48П + 0,32Ц + 0,20А \quad (1.2)$$

где h – точка дымления, мм; $П$, $Ц$, $А$ – содержание парафиновых, циклановых и ароматических углеводородов соответственно, % мас.

То есть наибольшее влияние на образование нагара оказывают ароматические углеводороды.

Интенсивность свечения пламени при горении реактивных топлив определяется люминометрическим числом ($ЛЧ$). В соответствии с зарубежными спецификациями нагарообразующие свойства топлив широкого фракционного состава оценивают индексом дымления и летучести, которые определяются по формуле

$$ИДЛ = h + 0,42X \quad (1.3)$$

где h – точка дымления, мм; X – содержание фракций, выкипающих до 204,4 °С, % об.

Таким образом, ИДЛ связывает точку дымления и характеристику испаряемости топлива.

1.3 Марки реактивных топлив и стандарты, регламентирующие их выпуск в Российской Федерации

В настоящее время ГОСТ 10227-2013 «Топливо для реактивных двигателей. Технические условия» предусмотрено производство авиационных керосинов для гражданской авиации следующих марок: Т-1, ТС-1 (1-ый и высший сорт) и РТ. В прошлом также выпускались топливо Т-2, но в настоящее время оно не применяется. Кроме того, нефтеперерабатывающие заводы России производят авиакеросины АТК и АТК JET, предназначенные для экспорта, а также высокотермостабильные авиационные керосины Т-6, Т-8В и Нафтил для сверхзвуковых реактивных двигателей летальных аппаратов.

Гражданские самолеты заправляют топливом марки ТС-1 – Россия (Jet A1, Jet A, Jet A50 в США и Канаде) и, а военные самолеты – JP8. Для

военных самолетов также используется «смешанное» топливо (JP4), но его применение составляет менее 1 % всего расхода керосина. JP5 используется для самолетов военно-морской авиации.

Отличие между повсеместно применяемым в России авиакеросином ТС-1 и его мировым аналогом Jet A-1 состоит в основном в технологии производства. К примеру, Jet A-1 проходит гидроочистку, в его состав добавляются антистатические и стабилизирующие присадки, данная марка авиационного топлива менее экологически вредна, температура вспышки на 10 °С выше. Jet A-1 считается более безопасным при транспортировке и заправке самолетов. Но необходимо отметить, что в мировой летной практике не зафиксировано ни одной аварии, связанной с техническими характеристиками керосина марки ТС-1. Более того, преимуществом российского авиатоплива является то, что он может использоваться при гораздо более низких температурах [19].

Качество авиационных керосинов в России регламентируется нормативными документами – государственными стандартами (ГОСТ). В таблице 1.3 приведены регистрационные номера нормативных документов, регулирующих качество всех марок реактивных топлив для самолетов дозвуковой и сверхзвуковой авиации, а также классификационные коды ОКП (общероссийский классификатор продукции) и ТН ВЭД (товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности).

Ниже приведено краткое описание основных российских марок реактивных топлив, таких как ТС-1 и РТ.

Топливо *ТС-1* можно получить при прямой перегонке нефти. Целевая фракция выкипает в температурном интервале от 150 °С до 250 °С. Если перерабатываемая нефть обладает высоким содержанием серы и меркаптанов, то следует провести гидроочистку или демеркаптанизацию, после чего используют в смеси с прямогонной фракцией.

Концентрация гидроочищенного компонента равна 70 % мас., это связано с предотвращением снижения противоизносных свойств топлива.

Данный вид авиационного топлива является наиболее распространенным для дозвуковой авиации, а также используется в военной и в гражданской технике.

Таблица 1.3 – Нормативные документы, регламентирующие качество российских реактивных топлив для самолетов дозвуковой и сверхзвуковой авиации, и коды ОКП и ТН ВЭД

Марки	ГОСТ, ТУ	Код ОКП	Код ТН ВЭД
Для самолетов дозвуковой авиации			
ТС-1 высшей категории качества	ГОСТ 10227-2013 «Топливо для реактивных двигателей. Технические условия»	02 5121 0205	2710 00 510
ТС-1 первой категории качества		02 5121 0204	2710 00 510
Т-1 первой категории качества		02 5121 0000	2710 00 510
Т-2 первой категории качества		02 5121 0000	2710 00 510
РТ высшей категории качества		02 5121 0201	2710 00 510
Авиационный турбинный керосин (АТК)	ТУ 0251-009-00149765-00 «Авиационный турбинный керосин (АТК)»	02 5121 0000	2710 00 510
АТК JET	Для экспорта	02 5121 0000	2710 00 510
Для самолетов сверхзвуковой авиации			
Нафтил	ТУ 38.001244-81	02 5121 0108	2710 00 510
Т-6	ГОСТ 12308-89 «Топлива термостабильные Т-6 и Т-8В для реактивных двигателей»	02 5121 0101	2710 00 510
Т-8В		02 5121 0108	2710 00 510

Топливо РТ имеет пределы выкипания от 135 °С до 280 °С. Данный вид топлива получают гидроочисткой прямогонных керосиновых фракций. В процессе гидроочистки наблюдается значительное снижение содержание серы и меркаптанов, но при этом сильно ухудшаются противоизносные свойства и химическая стабильность. Но этого можно избежать благодаря противоизносным и антиокислительным присадкам.

Содержание серы не должно превышать 0,1 % мас. Теплота сгорания – не менее 43120 кДж/кг. Температура начала кристаллизации минус 55 °С, плотность – 0,775 г/см³. Превосходством топлива РТ над другими видами авиационного керосина, является его полное соответствие международным нормам. Топливо РТ вполне может заменить топливо ТС-1, так как

полностью удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к ТС-1. Так же, благодаря более высокой термостабильности, РТ можно нагревать в топливной системе силовой установки до более высоких температур, чем ТС-1.

Исходя из этого, авиационный керосин марки РТ применяется в теплонапряженных двигателях самолетов с увеличенной продолжительностью сверхзвукового полета, вследствие чего возможно значительное повышение температуры топлива в баках самолета, за счет аэродинамического нагрева.

Топливо РТ обладает такими показателями как: высокая химическая и термоокислительная стабильность, хорошие противоизносные свойства, низкое содержание серы и почти полное отсутствие меркаптанов. Срок хранения довольно долгий (до 10-ти лет). РТ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к реактивным топливам высшей категории качества, и находится на международном уровне, превосходя остальные виды марок авиационного керосина по отдельным эксплуатационным свойствам.

Следует отметить, что зарубежными спецификациями на реактивное топливо допускается максимальное содержание в нем ароматических углеводородов 25 % об. (примерно 27 % мас.), в том числе 3,4 % об. нафталиновых [20].

Ниже представлена таблица с основными характеристиками и требованиями для реактивных топлив [10].

В таблице 1.5, представлены требования Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», предъявляемые к реактивным топливам.

Таблица 1.4 – Характеристики топлив для реактивных двигателей с дозвуковой скоростью, вырабатываемых по ГОСТ 10227-2013 «Топливо для реактивных двигателей. Технические условия»

№	Показатели качества	ТС-1	Т-1	Т-2	РТ
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не менее	775	800	755	775
2	Фракционный состав, при температуре, °С, не выше:				
	начало кипения	150	150	60	135-155
	10 % об. выкипает при	165	175	145	175
	50 % об. выкипает при	195	225	195	225
	90 % об. выкипает при	230	270	250	270
3	Вязкость кинематическая, мм ² /с:				
	при 20 °С, не менее	1,25	1,50	1,05	1,25
	при -45 °С, не более	8	16	16	16
4	Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	42900	42900	43100	43120
5	Высота некопящего пламени, мм, не менее	25	20	25	25
6	Кислотность, мг КОН/100 см ³	0,7	0,7	0,7	0,4-0,7
7	Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	3,5	2,0	3,5	0,5
8	Температура, °С				
	вспышки в закрытом тигле, не ниже	28	30	–	28
	начала кристаллизации, не выше	-60	-60	-60	-55
9	Термическая стабильность в статических условиях при 150 °С: содержание осадка, мг/100 см ³ , не более:				
	в течении 4 ч	10	18	10	–
	в течении 5 ч	18	–	–	6
10	Содержание, %, не более				
	ароматических углеводородов	22	20	22	22
	общей серы	0,25	0,10	0,25	0,10
	меркаптановой серы	0,005	0,100	0,250	0,100
	водорастворимых кислот, щелочей, сероводород, мыл нафтяных кислот, механических примесей	Отсутствие			
12	Испытание на медной пластине (100 °С, 3 ч)	Выдерживает			
13	Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003	0,003
14	Взаимодействие с водой, балл, не более				
	состояние поверхностного раздела	1	–	–	1
	состояние разделенных фаз	1	–	–	1
15	Удельная электрическая проводимость, пСм/м:				
	при температуре заправки, не менее	50	–	50	50
	при 20 °С, не более	600	–	50	50
16	Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений	Отсутствие			

Таблица 1.5 – Основные требования, предъявляемые к топливу для реактивных двигателей Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 013/2011 [21]

№	Характеристики топлива для реактивных двигателей	Единица измерения	Нормы в отношении		
			летательных аппаратов с дозвуковой скоростью полета		летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью полета
			Джет А-1	ТС-1	
1	Кинематическая вязкость при температуре минус 40 °С, не более	мм ² /с	–	8	16
2	Кинематическая вязкость при температуре минус 20 °С, не более	мм ² /с	8	–	–
3	Температура начала кристаллизации, не выше	°С	–	-50	-50
4	Температура замерзания, не выше	°С	-47	–	–
5	Содержание механических примесей и воды	–	отсутствие	отсутствие	отсутствие
6	Фракционный состав:				
	10 % об. отгоняется при температуре не выше	°С	205	165	220
	90 % об. отгоняется при температуре не выше	°С	300	230	290
7	Остаток от разгонки, не более	%	1,5	Не нормируется	не нормируется
8	Потери от разгонки, не более	%	1,5	Не нормируется	не нормируется
9	Высота некоптящего пламени*, не менее	мм	25	25	20
10	Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже	°С	38	28	28
11	Объемная доля ароматических углеводородов, не более	%	25	–	–
12	Массовая доля ароматических углеводородов, не более	%	–	22	22
13	Содержание фактических смол, не более	мг/100 см ³	7	7	7
14	Массовая доля общей серы, не более	%	0,25	0,200	0,10
15	Массовая доля меркаптановой серы, не более	%	0,003	0,003	0,001
16	Термоокислительная стабильность при контрольной температуре*, не ниже:	°С	260	260	275
17	Перепад давления на фильтре, не более	мм рт. ст	25	25	25
18	Цвет отложений на трубке	Баллы по цветовой	3	3	3

	(при отсутствии нехарактерных отложений), не более	шкале			
19	Термоокислительная стабильность динамическим методом при 150-180 °С*:				
	перепад давления на фильтре за 5 ч., не выше	кПа	–	–	10
	отложения на подогревателе, не более	баллы	–	–	2
20	Удельная электрическая проводимость*:				
	без антистатической присадки, не более	пСм/м	10	10	10
	с антистатической присадкой	пСм/м	50-600	50-600	50-600
* – определяется на стадии подготовки производства и гарантируется изготовителем.					

1.4 Присадки к реактивным топливам

Все реактивные топлива – диэлектрики и при перекачках и фильтровании в них может накапливаться статистическое электричество, разряд которого, вызывает искру и воспламенение паров топлива. По требованию потребителей во все топлива, за исключением Т-6, могут вводиться присадки, но в определенных концентрациях, к примеру, вводимая концентрация антистатической присадки «Сигбол» составляет 0,0025 % мас.

Ниже описаны основные виды присадок, существующих на рынке и вводимых в реактивное топливо, по определенному назначению.

Они способствуют увеличению электропроводности топлива до 50 пСм/м, что обеспечивает безопасность заправки самолетов и перекачки топлива. Основными зарубежными присадками являются ASA-3 (Shell) и Стадис-450 (Dupont). В России, распространение получила присадка «Сигбол» (ТУ 38.101741-78), допущенная к добавлению в топлива ТС-1, Т-2, РТ и Т-6. Добавку присадки к топливу осуществляют на производстве.

Несмотря на то, что реактивное топливо отличается от всех видов топлива, своими низкотемпературными свойствами, при заправке топливом с температурой -5...+17 °С за 5 часов полета температура в баке может снизиться до -35 °С. Рекорд падения температуры составил -42 °С (ТУ-154) и -45 °С (баки, питающие крайние двигатели ИЛ-62М). Это может привести к выпадению кристаллов льда, которые, в свою очередь забивают топливные фильтры, что в конечном итоге может привести к прекращению подачи

топлива и остановке двигателя. Если в авиационном топливе содержится вода, даже 0,002 % мас. самолетные фильтры с диаметром пор 12-16 мкм начнут забиваться.

Для предотвращения выпадений кристаллов льда в топливо вводят **противодокристаллизационные присадки**, непосредственно на месте заправки самолета. К таким присадкам относится этилцеллозольв (жидкость И) выпускаемая по ГОСТ 8313-88 «Этилцеллозольв технический. Технические условия»; тетрагидрофуран (ТГФ) выпускаемая по ГОСТ 17477-86 «Спирт тетрагидрофурфуриловый. Технические условия» и их 50%-е смеси с метанолом (присадки И-М, ТГФ-М). Присадки могут добавляться практически в любое топливо.

Антиокислительные присадки вводятся в гидроочищенные топлива марок РТ, Т-6, Т-8В, для компенсации, сниженной в результате гидроочистки химической стабильности. Наиболее применяемые антиокислительные присадки в России это – Агидол-1 (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол) по ТУ 38.5901237-90 «Присадка антиокислительная 4-метил-2,6-дитретичный бутилфенол (Агидол-1) технический» в концентрации 0,003-0,004 % мас. В таких концентрациях присадка почти полностью предотвращает окисление топлив, даже при повышенных температурах (до 150 °С). Данная присадка добавляется в реактивное топливо на стадии производства.

Также, одним из необходимых типов присадок являются **противоизносные присадки**. Данные присадки предназначены для восстановления противоизносных свойств топлив, потерянных в результате гидроочистки. Вводится в те же топлива, что и антиокислительная присадка. В России применяют присадку «Сигбол» и композицию присадок «Сигбол» и ПМАМ-2 (полиметакрилатного типа – ТУ 601407-69). Для топлив РТ часто используется присадка «К» (ГОСТ 13302-77 «Кислоты нефтяные. Технические условия»), которая по эффективности соответствует присадке «Сигбол», а также, ввиду дефицита присадки «К» – присадка Хайтек-580

фирмы «Этил». Также, как и антиокислительные присадки, противоизносные присадки добавляются в топливо на стадии производства [22].

1.5 Авиационные керосины как присадки к дизельным топливам

Дизельное топливо (ДТ) это нефтепродукт из керосиново-газойлевых фракций прямой перегонки нефти, характеризующийся такими свойствами как [23]:

- Цетановое число;
- Фракционный состав;
- Вязкость и плотность;
- Наличие сернистых соединений;
- Низкотемпературные свойства.

Эксплуатация двигателей, работающих на дизельных топливах, в зимнее время года имеет свою специфику. Самой распространенной проблемой, связанной с использованием дизельного топлива в зимних условиях, является плохой запуск двигателя. Это напрямую связано с образованием кристаллов парафинов в ДТ, что осложняет фильтруемость топлива в двигателе.

Проблема напрямую связана с плохими низкотемпературными свойствами дизельных топлив. Самым распространенным методом борьбы с застыванием топлива является использование депрессорных присадок. Кроме того, для улучшения низкотемпературных свойств прямогонных дизельных топлив активно используется авиационный керосин.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объектом исследования в данной работе выступили образец реактивного топлива, предоставленный ООО «Аэропорт ТОМСК», а так же образец прямоугонного дизельного топлива, полученный с одного из месторождений Томской области.

С использованием выше перечисленных нефтепродуктов были приготовлены смеси, процентное содержание в смесях реактивного и дизельного топлив представлено в таблице 2.1. Смесям были присвоены численные шифры от 1 до 3, в порядке возрастания процентного содержания в них авиационного керосина.

Таблица 2.1 – Смеси реактивного и дизельного топлив

Смесь	Содержание, % об.	
	реактивного топлива	дизельного топлива
Смесь №1	5	95
Смесь №2	10	90
Смесь №3	20	80

2.2 Метод определения фракционного состава

Реактивные и дизельные топлива могут иметь разнообразный фракционный состав и широкие диапазоны выкипания. Фракционный состав является важным показателем качества реактивных и дизельных топлив.

При определении фракционного состава реактивных и дизельных топлив был использован ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава».

Сущность данного метода заключается в перегонке 100 см³ испытуемого образца при условиях, соответствующих природе продукта, и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

В частности, был использован метод «А» определения фракционного состава, который предназначен для автомобильных бензинов, авиационных

бензинов, авиационных топлив для турбореактивных двигателей, растворителей с установленной точкой кипения, нефти, уайт-спирита, керосина, газойлей, дистиллятных жидких топлив и аналогичных нефтепродуктов.

Испытание проводится на аппарате с электрическим нагревателем. Перед началом подготавливается вся необходимая посуда. Отбирается проба исследуемого нефтепродукта и проводится испытание. Все полученные данные записываются и анализируются.

2.3 Метод определения плотности

Плотность нефти и нефтепродуктов можно определить следующими методами:

- ареометром;
- пикнометрическим методом;
- расчетным методом.

В данной работе определение плотности исследуемого нефтепродукта осуществлялась ареометром. Исследование проводилось по требованиям, представленным в ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности».

Сущность данного метода определения плотности заключается в погружении ареометра в цилиндр, наполненный исследуемым нефтепродуктом и снятии полученных показаний по шкале ареометра. Затем плотность при текущей температуре пересчитывается на плотность при 20 °С по следующей формуле:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \nu(t - 20) \quad (2.1)$$

где ρ_4^t – относительная плотность при температуре анализа, кг/м³; ρ_4^{20} – относительная плотность при 20 °С, кг/м³; ν – средняя температурная поправка плотности на 1 °С; t – температура, при которой проводится анализ, °С.

Метод определения плотности пикнометром заключается в определении относительной плотности, т.е. отношение массы испытуемого

нефтепродукта к массе дистиллированной воды, взятой в таком же объеме и при одинаковой температуре.

Для начала необходимо определить «водное число» пикнометра, т.е. массу воды в пикнометре при температуре равной 20 °С. Производят не менее трех определений для обеспечения высокой точности результата. Затем определяется плотность исследуемого нефтепродукта.

2.4 Метод определения кинематической вязкости

Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в измерении в секундах времени истечения определенного объема жидкости в капилляре стеклянного вискозиметра под воздействием силы тяжести при постоянной температуре равной 20 °С. Кинематическая вязкость определялась по методике, описанной в ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». Для анализа используется вискозиметр с определенным диаметром капилляра, при использовании которого, время истечения исследуемого продукта не будет превышать 200 секунд.

Процесс определения вязкости проходит следующим образом:

- сухой и чистый вискозиметр заполняется исследуемым продуктом;
- затем наполненный сосуд опускают в термостат, так чтобы, расширенная часть вискозиметра не превышала уровень воды;
- выдерживают около 20 минут, для доведения температуры исследуемого нефтепродукта до температуры в термостате;
- затем исследуемое вещество засасывается в колено вискозиметра, примерно на треть высоты расширяющейся части вискозиметра;
- после чего засекается время движения мениска исследуемого продукта от метки с литерой M_1 до метки с литерой M_2 (допустимая погрешность – не более 0,2 секунды);

- замеры проводят трижды, и в случае, если их результаты разнятся не более чем на 0,2 %, кинематическая вязкость (ν), измеряемая в мм²/с рассчитывается, как среднее арифметическое, по следующей формуле:

$$\nu = C \cdot \tau \quad (2.2)$$

где C – постоянная вискозиметра, мм²/с²; τ – среднее арифметическое трех замеров времени истечения вещества, с.

Формула для расчета значения динамической вязкости (η) (в мПа/с) приведена ниже:

$$\eta = \nu \cdot \rho \quad (2.3)$$

где ν – значение кинематической вязкости, мм²/с; ρ – значение плотности, полученное при такой же температуре, при которой происходило измерение кинематической вязкости, г/см³.

2.5 Метод определения содержания серы в нефтепродуктах

Существует множество методов определения содержания серы в нефтепродуктах. Такие как, классические (сжигание в лампе или бомбе, а затем гравиметрическое или титриметрическое измерение) и современные (рентгеновская и ультрафиолетовая флуоресценция).

Основные методики можно условно разделить на:

- методы, основанные на окислении серы, с последующим определением оксидов;
- методы восстановления серы до сероводорода (H₂S);
- спектральные методы с применением рентгеновских излучений;
- атомно-эмиссионные методы.

Определение содержания серы в реактивных и дизельных топливах осуществлялось согласно методике, представленной в ГОСТ Р 51947-2002 «Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии».

Данный стандарт устанавливает метод определения общего содержания серы в нефти и нефтепродуктах, представляющих собой однофазные продукты и жидкости в условиях окружающей среды, способные

разжижаться при умеренном нагревании или растворимые в углеводородных растворителях. Такими продуктами являются дизельное топливо, реактивное топливо, керосин, бензин и другие дистилляты нефти.

Испытуемый образец помещают в пучок лучей, испускаемых рентгеновской трубкой. Измеряют результирующее возбужденное характеристическое рентгеновское излучение и для получения значения общего содержания серы в % мас. или мг/кг сравнивают полученный сигнал счетчика импульсов с сигналами, полученными при испытании заранее приготовленных калибровочных образцов, которые охватывают исследуемый диапазон концентраций: 0,0 % мас. – 0,1 % мас.; 0,1 % мас. – 1,0 % мас.; 1,0 % мас. – 5,0 % мас.

2.6 Метод определения низкотемпературных свойств

Сущность метода определения низкотемпературных свойств нефтепродуктов заключается в том, что пробирку с образцом помещают в криостат с охлаждающей жидкостью (этиловый спирт) охлаждают до предполагаемой температуры застывания. При этой температуре пробирку с нефтепродуктом наклоняют под углом 45° и наблюдают за уровнем жидкости. Таким образом, находят ту температуру, при которой уровень нефтепродукта в пробирке, наклоненной под углом 45°, остается неподвижным в течение определенного времени. Данная температура является температурой застывания нефтепродукта. Низкотемпературные свойства топлив определяли по ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации».

Предельная температура фильтруемости (ПТФ) характеризует низкотемпературные свойства топлив (главным образом дизельных утяжеленного фракционного состава). ПТФ обычно фиксируется на несколько градусов ниже, чем температура помутнения.

ПТФ определяется по ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре».

Метод заключается в постепенном охлаждении испытуемого нефтепродукта с интервалами в 1 °С и стекании его через проволочную фильтрационную сетку при вакууме 1,96 кПа.

Предельная температура фильтруемости показывает минимальную температуру прохождения топлива через стандартный фильтр. Это связано с тем, что при определенной температуре образуется достаточно много кристаллов парафина, которые, осаждаюсь на поверхности фильтра, прочно его забивают.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения в нефтяных компаниях по сей день остаются актуальными. Технологические процессы в отрасли подготовки и переработки нефти, а также нефтехимии сопровождаются потреблением топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления является один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, поскольку ресурсоемкость является второстепенными показателями продукции, в то время как ключевым показателем является ее качество.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки, что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, исследований технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Стоит проанализировать необходимую нишу целевого рынка, а также сегментировать его. Это необходимо для анализа возможных потребителей, т.е. целевой аудитории полученных результатов в процессе исследования.

Реализация товара будет производиться на целевом рынке. И потребителем данного продукта будут являться та обособленная часть рынка, которая имеет заинтересованность в реализации модернизации производства реактивных топлив.

В свою очередь, сегментированием называется дифференциация потребителей на группы, внутри которых покупатели имеют одинаковые запросы на товары или услуги.

Поскольку данное исследование имеет значение в области промышленности, целесообразно провести сегментирование по критериям, характерным для рынков, где потребителями являются юридические лица, такие как: промышленные предприятия, компании и фирмы. В таблице 4.1 представлены макро и микропеременные для сегментирования, а также их возможные значения.

В процессе исследования использовались программные обеспечения как «*Microsoft Excel*» и «*Wolfram Mathematica*», на основании которых были выведены корреляционные зависимости для исследования физико-химических свойств реактивных топлив.

Так же проводимое исследование возможно будет иметь высокий коммерческий потенциал, и ресурсосберегающей технологией будет являться сжатые сроки проведения всех необходимых исследований, в связи с вероятно большей потребностью. Расчетные методы могут позволить за короткое время рассчитать все необходимые свойства реактивных и

дизельных топлив, что приведет к значительной экономии на необходимых дорогостоящих оборудовании при экспериментальном определении.

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные потребители и сегменты, влияющие на спрос продукта (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Сегментирование рынка

Способ определения		Размер компании		
		Малая	Средняя	Крупная
Способ определения	Расчетный метод			
	Экспериментальный метод			

Таким образом, оптимальным методом определения некоторых физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик реактивных топлив составляет расчетный метод ввиду его дешевизны и практичности.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Таким образом, SWOT-анализ применяется для исследования внешней и внутренней среды, в которой находится проект. Анализ проводится в несколько этапов:

1. Описание сильных сторон;
2. Описание слабых сторон;
3. Выявление возможностей;
4. Выявление угроз.

Сильные и слабые стороны являются факторами внутренней среды разрабатываемого проекта, (то есть то, на что сам объект способен повлиять); возможности и угрозы являются факторами внешней среды (то есть то, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом).

Сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Таблица 5.2 – первый этап SWOT-анализа

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
	С1. Быстрое получение результатов;	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки;
	С2. Экономия в плане производственных установок;	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси;
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами;	Сл3. Большой срок внедрения на производство;
	С4. Квалифицированный персонал;	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов;
	С5. Простота использования;	
	С6. Допустимая погрешность.	
ВОЗМОЖНОСТИ:		
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт		

В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
УГРОЗЫ:		
У1. Разработка аналогичной зависимости		
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

На основании таблицы 5.2 сделаем интерактивную матрицу проекта, где «+» - сильное соответствие сторон возможностям; «-» - слабое соответствие; «0» - сомнение между «+» и «-», что будет являться вторым этапом SWOT-анализа.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица планирования «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5	С6
	В1	+	+	+	+	+	+
	В2	+	+	+	-	+	+
	В3	0	+	+	-	+	0
	В4	+	+	+	0	+	0
	В5	-	-	-	+	0	+

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица планирования «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	0	-	-
	В2	+	+	0	-
	В3	+	0	+	0
	В4	-	-	+	-
	В5	0	-	-	+

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	+	+	0	+	+
	У2	-	+	-	0	-	-
	У3	-	0	+	0	+	+

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	+
	У2	-	-	-	0
	У3	0	-	+	+

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблице 5.7).

Таблица 5.7– Итоговая матрица SWOT-анализа

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ:	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ:
	С1. Быстрое получение результатов	Сл1. Отсутствие программного обеспечения научной разработки
	С2. Экономия в плане производственных установок	Сл2. Необходимость наличия фракционного состава смеси
	С3. Более низкая стоимость по сравнению с производственными методами	Сл3. Большой срок внедрения на производство
	С4. Квалифицированный персонал	Сл4. Более низкая погрешность у конкурентов
	С5. Простота использования	
	С6. Допустимая погрешность	

ВОЗМОЖНОСТИ:		
В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт	Введение расчетных методов в производство	В связи с отсутствием программы, возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
В2. Повышение стоимости конкурентных разработок		
В3. Создание расчетной программы		
В4. Увеличение спроса на продукт как в России, так и за границей		
В5. Создание более сложных и в свою очередь более точных зависимостей		
УГРОЗЫ:		
У1. Разработка аналогичной зависимости	Простота в использовании и экономичность метода вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз	При создании конкурентами расчетных методов с более низкой погрешностью, а также с большим сроком внедрения на производство есть риск потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому отсутствие программного обеспечения для расчетных методов увеличивает угрозу потери рынка
У2. Внедрение дополнительных государственных требований к сертификации продукции		
У3. Отсутствие спроса на новые расчетные методы		

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	Руководитель, бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск необходимых материалов для экспериментальных расчетов	Руководитель, бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Заведующий лабораторией, бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			

Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	Руководитель, бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Руководитель, бакалавр
	13	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	14	Предзащита	Руководитель, бакалавр
	15	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	16	Защита дипломной работы	Бакалавр

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости 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 используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (5.1)$$

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

вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Трудоемкость работ									Исполнители		
		t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$, 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
1	Составление и утверждение технического задания	1	1	1	5	6	5	2,6	3	2,6	Р	Р	Р
2	Выбор направления исследований	3	4	3	4	6	5	3,4	4,8	3,8	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
3	Обзор современных методов и патентных исследований по выбранному направлению	2	2	2	6	6	6	3,6	3,6	3,6	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
4	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	3	3	1,4	1,8	1,8	Р	Р	Р
		1	2	1	2	4	3	1,4	1,8	1,4	Б	Б	Б
5	Поиск необходимых материалов для экспериментальных расчетов	10	15	12	20	22	20	14	17,8	15,2	Р	Р	Р
		20	25	22	40	45	42	28	33	30	Б	Б	Б
6	Проведение экспериментов	14	20	16	30	30	30	14,4	20,4	15,6	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	4	6	5	6	8	7	4,8	6,8	5,8	Р	Р	Р
											Б	Б	Б

8	Определение целесообразности проведения ОКР	1	1	1	3	4	3	1,4	2,2	1,4	Р	Р	Р
9	Оценка эффективности полученных результатов	2	5	3	5	9	7	3,2	6,6	4,6	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	3	4	3	5	7	7	3,8	5,2	4,6	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	15	18	16	25	30	30	19	22,8	21,6	Р	Р	Р
											Б	Б	Б
12	Составление пояснительной записки	10	20	15	20	40	30	16	28	21	Р	Р	Р
		10	20	15	20	40	30	16	28	21	Б	Б	Б
13	Сдача работы на рецензию	1	3	2	3	7	5	1,8	4,6	3,2	Б	Б	Б
14	Предзащита	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	Р	Р
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	Б	Б
15	Подготовка к защите дипломной работы	5	7	6	10	15	12	7	10,2	8,4	Б	Б	Б
16	Защита дипломной работы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Б	Б	Б

Р – Руководитель

Б - Бакалавр

Таблица 5.10 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}			Исполнители		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	2,6	3	2,6	4	4	4	Р	Р	Р
2	Выбор направления исследований	1,7	2,4	1,9	3	3	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б

3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	1,8	1,8	1,8	3	3	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
4	Календарное планирование работ по теме	0,7	0,9	0,9	1	1	1	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	7	8,9	7,6	10	13	11	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
6	Проведение экспериментов	7,2	10,2	7,8	11	15	12	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2,4	3,4	2,9	4	5	4	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
8	Определение целесообразности проведения ОКР	0,7	1,1	0,7	1	2	1	Р	Р	Р
9	Оценка эффективности полученных результатов	1,6	3,3	2,3	2	5	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
10	Разработка и усовершенствование расчетных методов	1,9	2,6	2,3	3	4	3	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	9,5	11,4	10,8	14	17	16	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
12	Составление пояснительной записки	8	14	10,5	12	21	16	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
13	Сдача работы на рецензию	0,9	2,3	1,6	1	3	2	Б	Б	Б
14	Предзащита	0,7	0,7	0,7	1	1	1	Р	Р	Р
								Б	Б	Б
15	Подготовка к защите дипломной работы	7	10,2	8,4	10	16	12	Б	Б	Б
16	Защита дипломной работы	0,5	0,5	0,5	1	1	1	Б	Б	Б

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это 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 формулой (3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5.3)$$

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 формуле (5.4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 5.11 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■												
2	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр	4		■											
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Руководитель Бакалавр	3		■											
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр	1 1		■											
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр	13 14			■										
6	Построение моделей и проведение экспериментов	Руководитель Бакалавр	15				■									

Продолжение таблицы 5.11

7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель Бакалавр	5														
8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель	2														
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Бакалавр	5														
10	Разработка и усовершенствование методики	Руководитель Бакалавр	4														
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель Бакалавр	17														
12	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр	21														
13	Сдача работы на рецензию	Бакалавр	3														

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} \quad (5.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.12. Величина коэффициента (k_T), принимаем в пределах 20% от стоимости материалов.

Таблица 5.12 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Образцы реакт.топлива	л	2	5	8	36	36	36	86,4	216	345,6

Этиловый спирт технический	л	30	30	30	180	180	180	6480	6480	6480
Цилиндр мерный	шт.	2	3	5	120	120	120	288	432	720
Итого:								6854,4	7128	7545,6

5.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в табл.13.

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук	1	57	66,6
2	Термостат жидкостный низкотемпературный «КРИО-ВТ-05-01»	1	166,1	191
3	Аппарат АРНС-1 для разгонки нефтепродуктов	1	158	181,7
Итого:				439,3

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО			Стоимость ПО с НДС,		
Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Microsoftoffice	Microsoftoffice	Microsoftoffice	11490	11490	11490
-	Delphi	Delphi	-	43800	43800
Wolfram Mathematica	Wolfram Mathematica	Wolfram Mathematica	125000	125000	125000

Итого:	136490	180290	18029
--------	--------	--------	-------

5.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (5.7)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.14).

Таблица 5.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	119	119
– праздничные дни		

Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{IP} + k_D) \cdot k_P \quad (5.10)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_{IP} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC}); k_D – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5; k_P – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.15.

Таблица 5.15– Расчет основной заработной платы

Категория	Z_{TC} , руб.	k_D	k_P	Z_M , руб	Z_{DN} , руб.	T_P , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППС3	12250	0,3	1,3	25480	1709,6	39	66675
Бакалавр							
ППС1	7800	0,3	1,3	16224	1088,6	50	54429

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	66675	8001	74676
Бакалавр	54429	6532	60961

5.2.8 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:

$$З_{\text{ВНЕБ}} = k_{\text{ВНЕБ}} \cdot (З_{\text{ОСН}} + З_{\text{ДОП}}) \quad (5.11)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

5.2.9 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 [источник]:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} \quad (5.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Результаты расчета представлены в табл. 5.12.

5.2.10 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 таблице 5.13.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	6854,4	7128	7545,6	Таблица 12
2. Затраты на приобретение экспериментального оборудования	439300	439300	439300	Таблица 13
3. Затраты на приобретение ПО	136490	180290	180290	Таблица 13
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	121104	121104	121104	Таблица 10
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14533	14533	14533	Таблица 11
6. Отчисления во внебюджетные фонды	36758	36758	36758	27,1% от п.3 + п.4
7. Накладные расходы	120806,3	127858,1	127924,9	16 % от суммы ст. 1-6
8. Бюджет затрат НИИ	755039,4	799113	799530,6	Сумма ст. 1- 7

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.13)$$

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{755039,4}{799530,6} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{799113}{799530,6} = 0,99$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{799530,6}{799530,6} = 1$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 5.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,2	3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	5	4,5
3. Энергосбережение	0,1	4	5	4,5
4. Надежность	0,2	3	5	4
5. Воспроизводимость	0,1	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	4	4	5
ИТОГО	1	3,7	4,7	4,35

$$I_{p-исп1} = 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 3,7;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,7;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,2 + 4,5 \cdot 0,2 + 4,5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,35.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{3,7}{0,94} = 3,9$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,7}{0,99} = 4,8$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}} = \frac{4,35}{1} = 4,35$$
(5.15)

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) [источник]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}$$
(5.16)

Таблица 5.15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,7	4,7	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	3,9	4,8	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,81	1	0,9

Вывод: Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что более эффективным вариантом решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение № 2.

6 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это уровень добровольного отклика на социальные потребности работников, лежащие вне определяемых законом или регулируемыми органами требований, это действия, предпринимаемые во благо общества добровольно.

Для обеспечения соблюдения требований охраны труда на предприятии существуют контролирующие органы власти, в качестве которых выступают Правительство РФ и уполномоченные исполнительные органы на местах, а также Федеральная служба по труду и Государственные инспекции труда.

В целях выявления вредных и опасных производственных факторов, и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда и в соответствии со ст. 209 ТК РФ проводится аттестация рабочих мест по условиям труда [24].

Объектом исследования данной работы стало реактивное топливо (авиационное).

Цель работы – исследование физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик реактивных топлив.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Вредные факторы

Производство авиационного керосина является сложнейшим процессом, как и все виды производства топлива. Перед началом эксплуатации трубопроводы, аппараты, насосы, резервуары, вентиляторы должны быть проверены и опрессованы.

Согласно отраслевым нормам [25] обслуживающий персонал обеспечивается специальной одеждой, специальной обувью, каской, средствами индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), специальным питанием (молоком), моющими средствами.

На производстве авиационного керосина существуют следующие факторы, которые может создать объект исследования:

Таблица 6.1 – Характеристика факторов

Виды опасных и вредных производственных факторов	
Опасные	Вредные
Электрический ток	Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу
Пожаровзрывоопасные	Превышение уровней шума
	Отклонение показателей микроклимата в помещении
	Недостаточная освещенность

6.1.2 Характеристика вредных факторов

Для обеспечения безопасности технологических процессов в соответствии с [26] и [27] принимаются меры предупреждения аварийных ситуаций.

Авиационный керосин (реактивное топливо) — является прозрачной или желтоватой углеводородной смесью, получаемой путем прямой перегонки или в процессе ректификации. Данное углеводородное топливо предназначено для

летательных аппаратов с воздушно-реактивным двигателем, таких как вертолеты, самолеты и ракеты.

Его физико-химические свойства связаны со способом его получения путем перегонки и крекинга нефтепродуктов. Он представляет собой углеводородную смесь от бесцветного или светло-коричневого цвета, которая выкипает в температурных пределах от 100 до 320 °С и имеет показатели вязкости в 1,2 - 4,5 мм²/с; плотности в 0,775 - 0,850 г/см³; температуры вспышки 28-72 °С; теплоты сгорания в 42,9 - 43,1 МДж/кг; КПВ -1.2 - 8,0 %.

6.1.3 Недостаточная освещенность в лаборатории

Источниками, обеспечивающими недостаточную освещенность в лаборатории, являются источники искусственного освещения при их некорректной работе и неправильном расположении, неправильное расположение рабочих мест в помещении относительно окон, заграждение окон большими предметами либо зелеными насаждениями [28].

Освещенность имеет количественные и качественные показатели. К количественным показателям относятся:

- световой поток F (люмен);
- освещенность E (Лк);
- сила света J (ед);
- яркость светящихся (отражаемых) поверхностей (кД/м²);
- коэффициент отражения света.

К качественным показателям относят:

- фон;
- контраст;
- коэффициент контрастности.

Свет является одним из важнейших условий существования человека. Согласно ГОСТ 12.0.003-86 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. СНиП-23-05-95 нормирует естественное и искусственное освещение. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры;
- защитные очки.

6.1.4 Отклонение показателей микроклимата в помещении

На рабочих местах в лаборатории должны соблюдаться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с [29]. Согласно этому документу оптимальные характеристики микроклимата представлены в табл. 2. Работа в лаборатории относится к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Таблица 6.2 — Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха, t, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздушных потоков в помещении
-------	----------------------------	----------------------------	--

			Если $t^0 < t^0_{\text{опт}}$	Если $t^0 > t^0_{\text{опт}}$ «x»
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10 °С)	22-24	60-40	0,1	0,1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10 °С и выше)	21-23	60-40	0,1	0,2

«x» При температурах воздуха 26 – 28 °С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону: 0,1 – 0,2 м/с.

6.1.5 Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу

При проведении различных исследований на выявление качества авиационного керосина, не используя сильно реагирующие и опасные вещества. Но в составе реактивных топлив может содержаться сера и сернистые соединения. И при испарении нефтепродукта содержащиеся в нем сернистые соединения испаряются и могут повредить дыхательные пути человека, непосредственно контактирующего с данным видом топлива. Серосодержащие вещества относятся к высоко опасным веществам (2-й класс опасности), предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ данного класса опасности в воздухе рабочей зоны, мг/куб. м – 0,1-1,0.

При исследовании низкотемпературных свойств авиационного керосина в качестве хладагента выступает этиловый спирт, который относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности). Предельно допустимая

концентрация (ПДК) вредных веществ данного класса в рабочей зоне может составлять, мг/куб. м – 1,1-10,0 [30].

Для защиты от вредных воздействий данных веществ, необходимо использовать вытяжки в лаборатории при разливе и смешивании исследуемых нефтепродуктов.

6.1.6 Превышение уровней шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки).

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест в России регламентируются ГОСТ 12.1.005.83 и СНиП 3223-85. Настоящий стандарт устанавливает принципы обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников при воздействии на них шума в нормальных условиях рабочего процесса и общие требования к оценке этого воздействия.

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах (за исключением рабочих мест отдельных отраслей (подотраслей) экономики), является 80 дБА [31].

6.2 Характеристика опасных факторов, которые может создать объект исследования

6.2.1 Электрический ток

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях.

Источниками электрической опасности являются:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;
- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
2. Ограждения токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Согласно [32] для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Согласно правилам защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей

промышленности для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности оборудования, перерабатываемых веществ, а также с тела человека необходимо предусматривать, с учетом особенностей производства, следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов статического электричества:

- отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций, а также обеспечения постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;
- отвод зарядов путем уменьшения удельных объемных и поверхностных электрических сопротивлений;
- нейтрализация зарядов путем использования радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества:

- всюду, где это технологически возможно, горючие газы должны очищаться от взвешенных жидких и твердых частиц; жидкости - от загрязнения нерастворимыми твердыми и жидкими примесями;
- всюду, где этого не требует технология производства, должно быть исключено разбрызгивание, дробление, распыление веществ;
- скорость движения материалов в аппаратах и магистралях не должна превышать значений, предусмотренных проектом.

Во взрывоопасных производствах, где могут накапливаться заряды статического электричества, технологическое и транспортное оборудование рекомендуется изготавливать из материалов, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление не выше 105 Ом·м.

6.2.2 Пожарная безопасность

В целях обеспечения надежности и безопасности работы, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса:

- герметичность арматуры оборудования и трубопроводов;

- автоматический контроль технологического процесса со щита в операторной;
- закрытая система сбросов на факел и дренирования подтоварной воды, что позволяет предотвратить загазованность участка, тем самым уменьшить вероятность пожара и взрыва;
- система аварийного освобождения аппаратов и трубопроводов, а также освобождение их от продуктов перед ремонтом;
- оснащение процесса средствами противоаварийной защиты, предупреждающими об отклонениях от норм технологического режима, исключающими возможность выбросов продуктов через предохранительные клапаны;
- система продувки инертным газом и паром аппаратов и трубопроводов перед ремонтом и пуском в работу;
- к оборудованию, размещенному на открытой площадке, обеспечены подъезды пожарной техники, между парками выполнены противопожарные разрывы;
- наружное пожаротушение обеспечивается от системы пожарного водоснабжения;
- выполнена защита зданий, сооружений, аппаратов, оборудования и трубопроводов от вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращение взрывов в помещениях с нормальной средой, вследствие проникновения горючих газов и паров, обеспечивается приточными и вытяжными вентиляционными системами;
- резервуарные парки укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Здания и сооружения обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с Федеральным законом "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ, государственных стандартов и отраслевых нормативов.

Для ликвидации небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы), пожаротушение.

Защита от пожара резервуаров осуществляется путем охлаждения стенок резервуаров водой, подаваемой через стационарные лафетные стволы и передвижной пожарной техникой.

Снаружи зданий на непосредственно на производстве установлены электрические сирены пожарной сигнализации общего назначения.

6.3 Экологическая безопасность

Места производства авиационного керосина не является особо опасным объектом воздействия на окружающую среду. Однако существует ряд угроз для окружающей среды.

6.3.1 Воздействие на атмосферу

На атмосферу могут оказывать вредное воздействие выбросы из вентиляционных труб, которые не проходят очистку, а также выбросы из резервуаров, которые не очищаются перед выбросом. Так как авиатоплива испаряются достаточно быстро, на установках осуществляется контроль по содержанию в выбросах реактивных топлив, которые не должны превышать установленных норм на предприятии.

6.3.2 Воздействие на гидросферу

Аварийные ситуации могут оказывать негативное воздействие на гидросферу. При разливе компонентов реактивного топлива или товарной продукции происходит неконтролируемое скопление жидкой фазы на объекте. Согласно [33] при попадании разливов нефтепродуктов в сточные воды необходимо провести их анализ на содержание вредных примесей, так как не допускается утечка нефти и нефтепродуктов.

Разлив засыпается песком, который затем вывозится на полигон. Во время очистительных мероприятий не допускается проведение каких-либо огневых работ, эксплуатация насосного оборудования, техники вблизи мест разлива.

Также на загрязняются дренажные воды, которые спускаются в промышленную канализацию, однако для экологической безопасности существует установленная норма содержания загрязнений в стоках – 0,1 мг/л [33].

6.3.3 Воздействие на литосферу

На надлежащих аппаратах по переработке и подготовки топлив существуют отходы в виде шлама от очистки трубопроводов, емкостей от нефти и нефтепродуктов, которые могут отрицательно влиять на литосферу.

Для их утилизации существует специальный контейнер, который, вывозится автотранспортом на городской полигон для захоронения промышленных отходов.

6.3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из важнейших факторов в безопасности жизнедеятельности людей является подготовленность к чрезвычайным ситуациям.

Чрезвычайную ситуацию можно квалифицировать следующим образом:

1. ЧС, связанная с производственными авариями (пожары, взрывы, выброс вредных веществ в окружающую среду);
2. ЧС, связанная со стихийными бедствиями (землетрясения, наводнения, ураганы, смерчи, снежные бури, заносы, оползни, обвалы, эпидемии, лесные и торфяные пожары);
3. ЧС конфликтного характера (вооруженное нападение, волнения в отдельных районах, вызванные выступлениями экстремистских групп, применения оружия массового поражения).

Аварийное состояние на производстве может быть вызвано следующими причинами:

- прекращение подачи электроэнергии;
- прекращение подачи охлаждающей воды;
- прекращение подачи пара (в осенне-зимний период);
- пропуск нефтепродукта вследствие разгерметизации торцового уплотнения насоса, фланцевого соединения, трещин и порывов в основном металле, сварных швах резервуаров, трубопроводов, сосудов, аппаратов, арматуры;
- аварией на соседней установке;
- нарушения в системах канализации и сброса оборотной воды;
- пожар на установке;
- неисправность блока бесперебойного питания.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией на автоматической станции смешения реактивного топлива является разлив нефтепродукта и его

компонентов и, как следствие, пожар на станции. Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций, представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия должны проводиться на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации и определены в [34]. Технические и организационные меры по предотвращению пожара или взрыва и противопожарной защите осуществляются в соответствии с [35] и [36].

Для предотвращения пожара оператор должен выполнять следующие действия:

- вызвать ПЧ, поставить в известность диспетчера Товарного производства;
- проверить наличие технологического и другого персонала;
- оценить обстановку в месте пожара и приступить к отсечению горящего оборудования от действующих коммуникаций;
- отключить и обесточить электродвигатели, работающие в зоне пожара, остановить вентиляцию, закрыть двери в помещениях;
- для тушения пожара использовать стационарные и первичные средства пожаротушения;
- обслуживающему персоналу действовать в соответствии с табелем боевого расчета.

Стихийными бедствиями, характерными для Томской области, могут быть наводнения, провалы грунта и снежные заносы.

Во время военных конфликтов приводятся в боевую готовность формирования гражданской обороны. При угрозе нападения по радиотрансляционной сети передают сигналы «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Радиационная опасность» и «Химическая тревога».

6.3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В целях сохранения и повышения работоспособности, ускорения адаптации к действию неблагоприятных условий труда, профилактики

заболеваний работающим в контакте с химическими веществами, следует 2 раза в год проводить витаминизацию.

В соответствии с [37] проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

В соответствии с [38] и [39] каждому работнику лаборатории выдаются средства индивидуальной защиты и смывающие вещества в соответствии с нормами выдачи на 1 работника в месяц. Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение и проверка знаний работников требований безопасности труда в соответствии с [40].

Список публикаций студента

№	Наименование работы, ее вид	Характер работы	Выходные данные	Объем, стр.	Соавторы
Научные работы всего: 4					
Доклады и тезисы докладов, опубликованные в материалах российской, международной (всероссийской) конференции: 4					
1	Разработка рецептур и компаундирование моторных топлив	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск 17-20 мая 2016 г., Изд-во ТПУ, 2016. – С. 315-316	2	Аматова Б.К., Лисовская Л.А., Миничева Д.А.
2	Development of trade gasoline blends	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017 – С. 429-430	2	Amatova B.K., Kirgina M.V.
3	Исследование свойств авиационного керосина	Печатная	Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного научного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова, Томск, 2-7 Апреля 2018. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018 – С. 335-336	2	Аматова Б.К., Киргина М.В.
4	Исследование свойств авиационного керосина и его смесей с прямогонным дизельным топливом	Печатная	Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018 – С. 342-343	2	Аматова Б.К., Киргина М.В.

Список использованных источников

1. Маркетинговое исследование. Рынок керосина авиационного. Текущая ситуация и прогноз 2018-2022 гг.// alto-group.ru. [Электронный ресурс]: // маркетинговые исследования рынка. URL: <http://alto-group.ru/otchet/marketing/408-rynok-kerosina-aviacionnogo-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html> (дата обращения 06.06.2018).
2. Маркетинговое исследование. Рынок дизельного топлива. Текущая ситуация и прогноз 2018-2022 гг. [Электронный ресурс]: // маркетинговые исследования рынка. URL: <http://alto-group.ru/otchet/marketing/304-rynok-dizelnogo-topliva-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html> (дата обращения 06.06.2018).
3. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. Москва, Химия, КолосС, 2004 – 456 с.
4. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 2 ч. Часть первая. Первичная переработка нефти. – Москва, Химия, КолосС, 2007. – 400 с.
5. Капустин В.М., Кукес С.Г., Бертолусини Р.Г. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР. М., Химия, 1995. – 304 с.
6. Ахметов А.В., Ахметов А.Ф. Современные реактивные топлива. Москва, Химия, LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 124 с.
7. Спиркин В.Г. Химмотология топлив. Москва, 2002. – 215 с.
8. Чулков П.В., Чулков И.П. Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология. – Москва: Политехника, 1996. – 336 с.
9. Кирсанов Ю.Г., Шишов М.Г., Коняева А.П. Анализ нефти и нефтепродуктов. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 88 с.
10. ГОСТ 10227-2013 «Топлива для реактивных двигателей. Технические условия».

11. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей. – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева, 2002.
12. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.
13. Дубовкин Н.Ф. Физико-химические и эксплуатационные свойства реактивных топлив. Справочник. – М.: Химия, 1985. – 240 с.
14. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологические аспекты. М., 2001. – 382 с.
15. В.М. Школьникова. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение – М.: Изд. Центр «Техноформ», 1999 – 153 с.
16. Калинина Т. Химия нефти и газа. Учебно-методический комплекс – М.: Проспект, 2015. – 98 с.
17. Ахметов С.А. Физико-химическая технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1996. – 279 с.
18. Радченко Е.Д. Справочник нефтепереработчика. – М.: Химия, 1986 – 121 с.
19. Литвинов А.А. Основы применения горюче-смазочных материалов в гражданской авиации. Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 308 с.
20. Пискунов В.А., Зрелов В.Н., Василенко В.Т. Химмотология в гражданской авиации. Справочник. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
21. ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».
22. Данилов А.М. Присадки и добавки. - М.: «Химия», 2006 – 232 с.
23. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. – М.: Академия 2003. – 47 с.

24. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон Российской Федерации N 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г.: // Российская газета – 2013. – 30 декабря. – 3 с.
25. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
26. ГОСТ 12.3.002-75. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
27. СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.mhhs.ru/BIBLIO/SNIPS/sp/2.2.2.1327-03/2.2.2.1327-03.htm>., свободный. – Дата обращения: 23.05.2018 г.
28. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
29. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.
30. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 5 с.
31. СанПин 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
32. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.
33. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
34. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.

35. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности инструменту [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/., свободный. – Дата обращения: 23.05.2018 г.
36. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.
37. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html>., свободный. – Дата обращения: 23.05.2018 г.
38. Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: <http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html>., свободный. – Дата обращения: 23.05.2018 г.
39. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130472/., свободный. – Дата обращения: 23.05.2018 г.
40. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.