

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 119 страниц, 41 таблицу, 24 рисунков, 46 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: прямогонный дизельный дистиллят, эксплуатационные характеристики, присадки, цетановое число.

Объектом исследования являются прямогонные дизельные дистилляты различных НПЗ.

Целью данной работы является исследование и моделирование эксплуатационных свойств дизельных топлив, как с присадками, так и без.

В процессе исследования проводились испытания на основные эксплуатационные свойства прямогонных дизельных дистиллятов с применением модификаторов.

В результате исследования выполнена экспериментальная проверка модифицирующих свойств предложенных присадок, разработаны рецептуры добавок для улучшения эксплуатационных характеристик, выполнена проверка и модификация формул для расчета эксплуатационных характеристик дизельных топлив.

Разработана модель и выполнено проектирование статического смесителя для интенсивного и полного перемешивания дизельного топлива с присадкой.

Область применения: промышленные предприятия нефтехимической отрасли, отдельные исследования основных свойств дизельных топлив с добавлением присадок и рецептур смешения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.
2. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава.
3. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости.
4. ГН 2.2.5. 1313-03. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения №52-93» от 30 марта 1999 г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
5. ГОСТ 12.1.007 – 76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
6. Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты от 24 декабря 2009г. № 1213 (с изменениями от 20 декабря 2010 года).
7. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
8. СП 52.13330.2011. Свод правил «Естественное и искусственное освещение».
9. Пожарная безопасность. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности N 123-ФЗ.
10. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.
11. ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В настоящей работе применяются следующие сокращения:

ДТ – дизельное топливо;

ЦЧ – цетановое число;

ДДП – депрессорно-диспергирующие присадки;

2-ЭГН – 2-этилгексилнитрат;

ИПН – изопропилнитрат;

ЦГН – циклогексилнитрат.

Оглавление

Введение	13
1 Современные присадки для модификации эксплуатационных характеристик дизельных топлив (литературный обзор)	14
1.1 Основные требования к дизельному топливу	14
1.2 Основные эксплуатационные характеристики дизельных фракций	16
1.3 Промоторы воспламенения (цетаноповышающие присадки)	18
1.4 Проблемы эксплуатационных характеристик моторных топлив и их решение	24
1.5 Механизм действия депрессорно-диспергирующих присадок	25
1.6 Подготовка топливных композиций	26
2 Модификаторы и оборудование для улучшения характеристик дизельных топлив (технико-экономическое обоснование)	29
2.1 Патентные разработки по добавкам к топливам	29
2.2 Патентные разработки по статическим смесителям	32
3 Постановка задачи исследования	36
4 Экспериментальная часть	37

4.1	Определение основных физико-химических свойств исследуемого дизельного топлива	37
4.1.1	Определение плотности	37
4.1.2	Определение фракционного состава	40
4.1.3	Определение вязкости	42
4.1.4	Определение температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации по ГОСТ 5066-91	44
4.1.5	Определение температуры застывания по ГОСТ 20287-91	45
4.1.6	Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре по ГОСТ 22254-92	47
4.1.7	Определение температуры вспышки в закрытом тигле Пенски - Мартенса по ГОСТ Р ЕН ИСО 2719-2008	50
4.1.8	Определение цетанового индекса по ГОСТ 27768-88	56
4.2	Результаты исследования	57
4.3	Расчетные методы определения физико-химических свойств	60
4.4	Проектирование узла смешения	66
4.4.1	Разработка математической модели в среде HYSYS	66

4.4.2 Конструктивные и механические расчеты	70
4.5 Обсуждение результатов	75
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	76
5.1 Предпроектный анализ	76
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	81
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	87
5.4 Основная заработная плата исполнителей темы	90
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	93
6 Социальная ответственность	95
6.1 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды	95
6.2 Метеоусловия	99
6.3 Производственное освещение	100
6.4 Шумы и вибрации	101
6.5 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды	103
6.6 Охрана окружающей среды	106

6.7 Защита в чрезвычайных ситуациях	108
6.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
Заключение	111
Список использованных источников	112
Приложение А Чертеж статического смесителя	116

Введение

Дизельное топливо относится к самым массовым продуктам, применяемым на автомобильном транспорте.

Технологические процессы переработки нефти очень сложны. Для регулирования наиболее важных свойств в топлива вводятся присадки и добавки. Вещества, добавляемые в небольших дозах к топливам для улучшения их эксплуатационных свойств, называются присадками или добавками. Содержание добавок в маслах и топливах обычно не должно превышать сотых или десятых долей % (масс.), лишь некоторые присадки применяются в концентрациях до 1—2 % и более. На нефтеперерабатывающих заводах выгоднее и менее энергозатратно использовать топливные присадки, чем подвергать свои производства глубокой модернизации. Их легко хранить, транспортировать, а что самое главное, ввод присадок может осуществляться на различных стадиях технологического процесса. Использование топливных присадок приносит экономическую выгоду, позволяет довести продукт до необходимых стандартов, а также создавать необходимое топливо без существенных затрат.

Топливные присадки сохраняют начальные свойства топлива при хранении, транспортировке и использовании, способствуют улучшению процесса сгорания, снижению вредного воздействия на механизмы и аппаратуру, облегчают использование топлива при низких температурах и т. д. Наибольшее применение получили депрессорно-диспергирующие присадки, улучшающие низкотемпературные и эксплуатационные свойства дизельных топлив. Общемировые тенденции в производстве различных видов топлив направлены на улучшение экологической ситуации на планете. Требования к их качеству определены соответствующими ГОСТ (ТУ), техническими регламентами.

1 Современные присадки для модификации эксплуатационных характеристик дизельных топлив (литературный обзор)

1.1 Основные требования к дизельному топливу

Наша страна находится в северном полушарии, и, следовательно, отрицательные температуры окружающей среды на большей ее части держатся от 4 до 6 месяцев. Такое расположение накладывает некоторые ограничения, связанные с эксплуатацией транспортных средств.

В техническом регламенте Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011). Утвержден решением комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года N 826 (с изменениями на 23 июня 2014 года) установлены следующие требования к характеристикам дизельного топлива указаны в таблице 1 [1]:

Таблица 1 – Требования к характеристикам дизельного топлива

Характеристики дизельного топлива <*>	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		K2	K3	K4	K5
Массовая доля серы, не более	мкг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже	°C				
Для летнего и межсезонного дизельного топлива		40	40	55	55
Для зимнего и арктического дизельного топлива		30	30	30	30
Фракционный состав – 95% об. перегоняется при температуре не выше:	°C	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	8

Продолжение таблицы 1

Цетановое число для летнего дизельного топлива, не менее	-	45	51	51	51
Цетановое число для зимнего и арктического дизельного топлива	-	не определяется	47	47	47
Смазывающая способность, не более	мкм	не определяется	460	460	460
Предельная температура фильтруемости, не выше	°C				
Летнего дизельного топлива		не определяется	не определяется	не определяется	не определяется
Зимнего дизельного топлива <*>		минус 20	минус 20	минус 20	минус 20
Арктического дизельного топлива		минус 38	минус 38	минус 38	минус 38
Межсезонного дизельного топлива <***>		минус 15	минус 15	минус 15	минус 15
<*> Допускается содержание в дизельном топливе не более 7% (по объему) метиловых эфиров жирных кислот.					
<*> Для Республики Казахстан не более минус 15 °C для экологических классов К2, К3, К4 и К5.					
<***> Для Республики Казахстан не более минус 5 °C для экологических классов К2, К3, К4 и К5.					

С 1 января 2013 г. топливо экологического класса 2 запрещено для использования на территории РФ, топливо экологического класса 3 было допущено к применению до 31 декабря 2014 г., а действие экологического класса 4 было разрешено до 31 декабря 2015 г.

Согласно значениям того, или иного показателя видно, что с повышением класса ужесточаются требования к характеристикам топлива. Высокие требования к топливам способствуют применению различных добавок и присадок, которые значительно улучшают показатели эксплуатационных свойств топлив.

1.2 Основные эксплуатационные характеристики дизельных фракций

Дизельное топливо (ДТ) предназначено для таких двигателей, как быстроходные дизельные и газотурбинные наземной и судовой техники. Процесс воспламенения топлива в дизельных двигателях происходит при впрыске топлива в воздух, нагретый до высокой температуры за счет сжатия поршнем. ДТ включает в себя средние дистиллятные фракции нефти, перегоняющиеся в пределах 180-360°C, легкие газойли каталитического крекинга и гидрокрекинга. С целью улучшения и модификации эксплуатационных характеристик в дизельные топлива вводят различные присадки и добавки (цетаноповышающие, депрессорно-диспергирующие, моющие, антидымные и др.).

Для того чтобы обеспечить надежность эксплуатации быстроходных двигателей, качество дизельного топлива должно соответствовать определенным требованиям (табл.2). Причем, чем больше частота вращения вала двигателя, тем выше требования к топливам. Это обусловлено особенностями процесса сгорания топлива: за весьма короткий промежуток времени (порядка 1,5...2,0 мс) оно должно не только успеть перемешаться с воздухом, испариться, окислиться, воспламениться, но и обеспечить своевременное и полное сгорание [2].

Таблица 2 - Основные требования к дизельному топливу

Требования	Определяющие характеристики	Итог
Хорошая воспламеняемость и полнота сгорания	Фракционный состав и цетановое число	Мягкая работа двигателя и хорошие пусковые свойства, высокие мощностные и экономические показатели, допустимые дымность и токсичность отработавших газов

Достаточное смесеобразование и распыл	Вязкость и плотность, содержание механических примесей и воды	Хорошая фильтруемость, нормальная подача топлива, дальнобойность факела и конус распыла
Бесперебойная работа топливного насоса высокого давления при отрицательных температурах окружающей среды	Низкотемпературные свойства	-
Безопасность при эксплуатации, транспортировке и хранении	Температура вспышки, стабильность	-
Минимальное нагарообразование, отложения, коррозия аппарата	Химический состав и степени очистки-наличие сернистых соединений, металлов	Хорошее состояние деталей и узлов двигателя (клапанов, колец, форсунок, поршней)

Процесс горения дизельного топлива определяется двумя основными параметрами – цетановым числом и фракционным составом.

Цетановое число (ЦЧ) является характеристикой воспламеняемости, определяющее период задержки воспламенения смеси (промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения). Чем выше цетановое число, тем меньше задержка и тем более спокойно и плавно горит топливная смесь. Цетановое число численно равно объемной доле цетана ($C_{16}H_{34}$, гексадекана), ЦЧ которого принимается за 100, в смеси с α -метилнафталином (ЦЧ которого, в свою очередь, равно 0).

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

Оптимальный фракционный состав диктуется конструктивными особенностями дизелей и условиями их эксплуатации. Для дизельных топлив контролируют температуры перегонки 50 и 96 объемных % [3].

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

- *Температура помутнения* - температура, при которой теряется фазовая однородность топлива из-за появления в нем кристаллов парафинов и льда. Кристаллы закупоривают поры фильтров тонкой очистки, нарушая подачу топлива к насосу высокого давления и к форсункам.
- При *температуре застывания* топливо теряет подвижность, что означает невозможность его использования в двигателе и перекачивания.
- *Предельная температура фильтруемости (ПТФ)* - наиболее высокая температура, при которой данный объем топлива не проходит через стандартный фильтр в установленное время при стандартизованных условиях охлаждения.

1.3 Промоторы воспламенения (цетаноповышающие присадки)

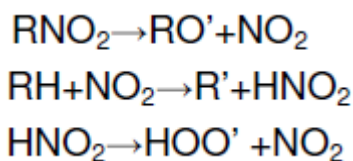
Для повышения ЦЧ дизельных топлив допускается введение присадок. Цетаноповышающие присадки — вещества органического происхождения, позволяющие уменьшить период задержки самовоспламенения топливной смеси.

Показатель эффективности – цетановое число топлива с присадкой. Это условный показатель, равный объемной концентрации цетана в эталонной смеси цетана и α – метилнафталина, воспламеняемость которой соответствует воспламеняемости испытуемого топлива при периоде задержки воспламенения 13°.

В качестве присадок, ускоряющих процесс предпламенного окисления топлива применяются соединения двух классов:

- алкилнитратного типа (изопропилнитрата [ИПН], циклогексилнитрата [ЦГН], 2-этилгексилнитрата [2-ЭГН]);
- перокисного типа (диалкил- и диарилпероксиды) [4].

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



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

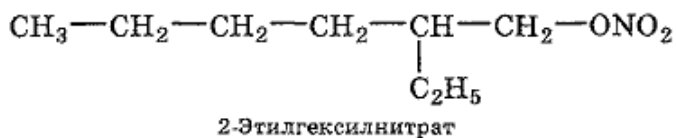
Принцип действия промоторов воспламенения объясняют легким распадом молекул по связи О-О и О-N с невысокой энергией активации (около 150 кДж/моль). При этом возникающие свободные радикалы инициируют воспламенение топлива. При добавке алкилнитратов повышение цетанового числа составляет 2-3 единицы на каждые 0,1% добавки и тем выше, чем выше цетановое число исходного топлива.

Цетановое число дизельных топлив с увеличением содержания ароматических углеводородов и прежде всего бициклических понижается. Наоборот, при увеличении содержания в дизельном топливе парафиновых углеводородов нормального строения и малоразветленных цетановое число

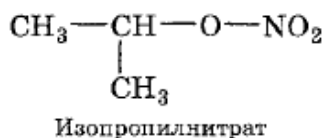
повышается; одновременно повышается и температура застывания топлив. Топлива, богатые моноциклическими нафтеновыми углеводородами и в меньшей степени бициклическими, имеют низкие температуры застывания и более или менее приемлемые значения цетановых чисел. Ниже приводятся характеристики алкилнитратов как индивидуальных соединений:

Таблица 3 – Физико-химические характеристики алкилнитратов

Показатели	2-ЭГН	ИПН	ЦГН
Температура плавления, °С	Минус 50	Ниже минус 60	Минус 60
Температура кипения, °С	119	103	72,3
Плотность при 20 °С, кг/м ³	962	1036	1105
Температура вспышки (закрытый тигель), °С	72	11	54
Давление насыщенных паров, кПа (при температуре, °С)	0,27 (20)	16,0 (50)	1,33 (50)
Теплота испарения, кДж/моль	-	36,3	38,5



Изопропилнитрат – прозрачная жидкость с эфирным запахом. При добавлении 1 % ИПН в дизельное топливо его ЦЧ должно повыситься не менее чем на 10-12 ед.

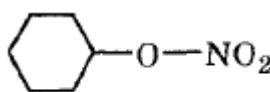


Циклогексилнитрат: ЦГН имеет ряд преимуществ перед ИПН. Он более гидролитически устойчив, менее взрывоопасен и менее летуч: давление насыщенных паров при 99°С ЦГН и ИПН составляет соответственно 8,7 и 91,5

кПа (66 и 691 мм рт. ст.). Эффективность ЦГН также выше, что подтверждается следующими данными:

Таблица 4 – Сравнение ИПН с ЦГН

Топливо	Цетановое число		
	без присадок	с 0,1 % ИПН	с 0,1 % ЦГН
Дизельное З	39	40	42
Дизельное А	36	38	41
Дизельное топливо адсорбционной депарафинизации	48	51	56



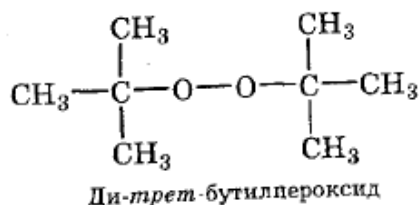
Циклогексилнитрат

Присадка на основе ди-трет-бутилпероксида (ДТБП) для снижения взрывоопасности содержит углеводородный растворитель. Органические пероксиды легко расщепляются на радикалы, инициирующие предпламенные процессы горения топлива, поэтому они вызывают постоянный интерес у разработчиков. Преимущественно это пероксиды и гидропероксиды алкилов, производные органических пероксикислот. В присутствии 0,01-0,05 % пероксидов цетановое число возрастает на 10-15 ед. В настоящее время не существует однозначного механизма действия алкилпероксидов как промоторов самовоспламенения дизельного топлива. Основные характеристики ДТБП, вырабатываемого в России по ТУ 6.05-2026-86 (ОАО «Казаньоргсинтез»), следующие:

Таблица 5 – Характеристика ДТБП

Показатель	Значение
Внешний вид	Бесцветная жидкость
Плотность при 20 °С, кг/м ³	796
Коэффициент преломления при 20 °С	1,389
Давление насыщенных паров при 20 °С, мбар	75

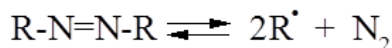
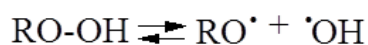
Температура кипения, °С	109
Температура вспышки, °С	18
Период полураспада при 125 °С, ч	10
Период полураспада при 190 °С, мин	1



Практический интерес представляют органические соединения на основе пероксидов: диалкил- и диарилпероксиды. Эти соединения устойчивы при хранении и нагревании, не разлагаются в контакте с водой, олефинами и другими соединениями, которые могут присутствовать в товарных топливах. Преимуществом пероксидов является их хорошая совместимость с противоизносными присадками, отсутствие коррозионной агрессивности, меньшая токсичность и взрывоопасность, хорошая совместимость с присадками других типов. Энергия разрыва по связи RO-OR составляет 142-155 кДж/моль.

Легко распадаются:

- 1) связи O-O в гидропероксидах и пероксидах, азо-бис-нитрилах:

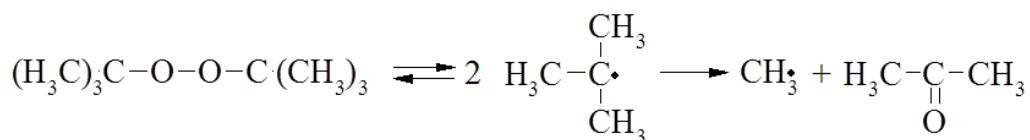


- 2) пероксид водорода сам распадается на радикалы в интервале температур 50-115 °С:



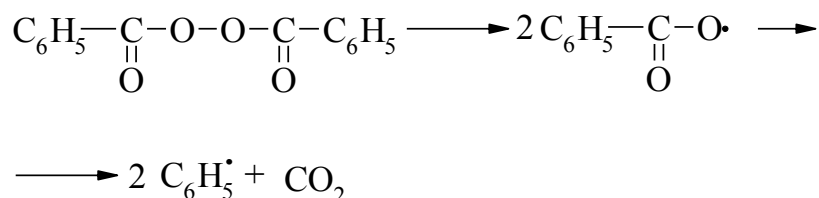
- 3) третичные алкилпероксиды (пероксид третичного бутила)
= 200 ч (100 °С)

$\tau_{\text{полураспада}}$



4) диацилпероксиды (пероксид ацетила, $\tau_{\text{полураспада}} = 8,1$ ч. (70 °C))

5) диарилпероксиды (пероксидбензоил $\tau_{\text{полураспада}} = 7,3$ ч. (70 °C))



Ниже представлено сравнение алкилпероксидов с алкилнитратами по ряду физико-химических и эксплуатационных характеристик (табл.6) [5]:

Таблица 6 – Химическая природа органических соединений [5]

Свойства	Алкилнитраты	Алкилпероксиды
Относительная способность повышать ЦЧ	1	0,85
Рабочие концентрации	0,05-0,3 %	0,1-0,5 %
Горючесть	Горят и поддерживают горение	
Взрывоопасность	Взрывоопасны	В большинстве устойчивы к удару и трению
Стабильность при хранении	Могут разлагаться со взрывом	Устойчивы при хранении в обычных условиях
Влияние на окислительную стабильность топлив	Ухудшают	Не влияют
Влияние на противоизносные свойства топлив	Ухудшают	
Совместимость с конструкционными материалами	Коррозионно агрессивны по отношению к металлам	Совместимы с металлами и плохо совместимы с герметиками
Совместимость с другими присадками	Плохо совмещаются с противоизносными	Совместимы

	присадками	
Токсичность	Токсичны (DL_{50} циклогексилнитрата – 425 мг/кг)	Малотоксичны (DL_{50} дикумилпероксида – 5000 мг/кг)
Относительная стоимость	1	1,5-2,0

1.4 Проблемы эксплуатационных характеристик моторных топлив и их решение

Проблемы применения дизельных топлив при низких температурах заключаются в нарушении прокачиваемости дизельного топлива из-за его загустевания и застывания, а также расслаивание дизельных топлив при холодном хранении.

Прямогонные фракции составляют основу дизельных топлив. Они отличаются хорошей самовоспламеняемостью. Их низкотемпературные свойства и содержание серы зависят от характеристик исходной нефти и часто требуют улучшения. Наиболее используемые присадки при производстве дизельных топлив, предназначены для улучшения их низкотемпературных свойств. Их называют депрессорами.

Введение таких присадок в товарное топливо в концентрации 0,02 - 0,05 % снижает их температуру застывания на 25 - 30 °С. Однако более важно, чтобы депрессоры снижали температуру прохождения топлива через холодный фильтр – предельную температуру фильтруемости, ПТФ. Некоторые депрессоры (например, на основе сополимеров этилена с винилацетатом) эффективно снижают и температуру застывания, и ПТФ топлив. Другие (полиакрилаты) влияют только на температуру застывания и возможности их использования в дизельных топливах ограничены [6].

Заметим, что депрессоры не влияют на температуру помутнения топлив, которая нормируется российскими стандартами. Это значит, что депрессоры препятствуют не возникновению кристаллов парафинов, а только их росту. При

длительном хранении топлив образовавшиеся мелкие кристаллы оседают, и в результате образуется два слоя: верхний, светлый, и нижний, мутный, обогащенный парафинами. Расслоение топлив не может быть предотвращено добавками депрессоров. За рубежом разработаны так называемые диспергаторы парафинов, которые следует применять в композициях с депрессорными присадками. Считается, что для того чтобы депрессорная присадка оказывала влияние на снижение температуры помутнения, она должна выкристаллизовываться из топлива несколько раньше, чем парафины [5].

1.5 Механизм действия депрессорно-диспергирующих присадок

Содержащиеся в топливе н-парафины при понижении температуры легко кристаллизуются. Начало кристаллизации проявляется в помутнении топлива. Затем кристаллы растут при определенных размерах и концентрации образуют пространственную структуру. В результате этого процесса топливо теряет подвижность и плохо прокачивается через трубопроводы и фильтры. Депрессорные присадки взаимодействуют с поверхностью зарождающихся кристаллов и препятствуют их росту и ассоциации. Механизм действия депрессоров окончательно не изучен. Наиболее распространены два мнения. Одно предполагает адсорбцию депрессора на поверхности кристалла парафина, другое – сокристаллизацию парафина и депрессора. При адсорбции молекулы депрессора сорбируются на поверхности кристалла полярной частью, неполярная обращена в среду и мешает сближению кристаллов парафина и их ассоциации в упорядоченную структуру. При сокристаллизации – наоборот, молекула депрессора своей неполярной частью встраивается в кристалл парафина, а полярные части, остающиеся снаружи, мешают новым молекулам парафина осесть на кристалле, обеспечивая его дальнейший рост. Выяснение действительного пути имеет принципиально большое значение, так как определяет оптимальный путь подбора или разработки присадки. Какой путь имеет место в действительности, окончательно не определено. Не исключено, что в зависимости от строения депрессора преобладает тот или иной путь,

возможны также и смешанные варианты. Можно полагать, что присадки, действующие по адсорбционному механизму эффективны в сравнительно небольших концентрациях по сравнению с присадками, сокриталлизующимися с парафином.

Практически важно, что и в том и в другом случае предполагается взаимодействие молекулы депрессора (или ее части) с растущим кристаллом. Поэтому, пока кристаллы не начали образовываться, действие депрессоров не может проявиться. Это и объясняет отсутствие их влияния на температуру помутнения топлива. Размер кристаллов парафинов в присутствии депрессоров составляет десятки микрометров.

Главная задача диспергаторов– предотвращение расслоения топлив с депрессорными присадками при холодном хранении . В качестве диспергаторов парафинов могут выступать высокомолекулярные амиды и имиды карбоновых кислот, четвертичные аммониевые соли и амины типа полиалкиленполиамин . Как правило, молекула диспергатора содержит длинный углеводородный радикал и гидрофильную функциональную группу . на поверхности зародившихся кристаллов образуются электрические заряды, благодаря которым они будут отталкиваться друг от друга, не вырастая в крупные образования, предположительно, поэтому в молекулы присадок в большом количестве включаются полярные функциональные группы, например, аминные [4].

Поэтому весьма перспективным является использование депрессоров в композиции с диспергаторами парафинов.

1.6 Подготовка топливных композиций

Процесс компаундирования (смешения) является одним из самых важных этапов переработки нефтепродуктов. Смешение прямогонных фракций с компонентами вторичных процессов и присадок является завершающим процессом получения товарных дизельных топлив. Компаундирование

нефтепродуктов включает в себя создание однородных водонефтяных эмульсий в установках электрообессоливания сырой нефти, производство высококачественных экологически чистых видов топлив с экономией присадок и снижением себестоимости производства, производство стойких водотопливных эмульсий, приготовление многокомпонентных моторных масел, смазок и химических компонентов.

Одним из перспективных направлений создания оборудования для смешения являются статические смесители, применяемые для получения однородных жидких и газовых смесей, эмульсий, суспензий, для нагрева холодных жидкостей паром и охлаждения газов жидкостью и др. Статический смеситель представляет собой участок трубы, внутри которой особым образом закреплены смесительные элементы различного профиля, для обеспечения смешения компонентов и отвода смеси. Смеси, полученные в таких аппаратах, могут быть гомогенными (смешанные бензиновые компоненты направляют на хранение) и гетерогенными (смеси, полученные при очистке дистиллятов, направляют в отстойник) [7].

Преимущества статических смесителей перед емкостными аппаратами с перемешивающими устройствами и динамическими (вибрационными) смесителями, при сопоставимых результатах, по качеству получаемых смесей связано с низкой энерго- и металлоемкостью, простотой в изготовлении и обслуживании, компактностью и дешевизной.

Основной задачей при проектировании статических смесителей является расчет эффективности смешения, т.е. создания однородной среды (получения высококачественных композиций) и мощности на прокачку жидкости.

Статические смесители для непрерывного смешивания жидкостей в последние десятилетия широко применяются в российской промышленности. Это обусловлено рядом технико-экономических преимуществ статических смесителей по сравнению с традиционными емкостными устройствами для

смешивания (рис.1): значительно меньшими габаритными размерами и металлоемкостью, отсутствием движущихся частей и, следовательно, большей надежностью.

Принцип работы таких смесителей: неоднородный поток жидкой среды, подаваемый в аппарат, неоднократно рассекается смесительными элементами на отдельные струи, которые смешиваются друг с другом. Полученная тонкослойная структура потока в дальнейшем усредняется вследствие влияния турбулентности [8].

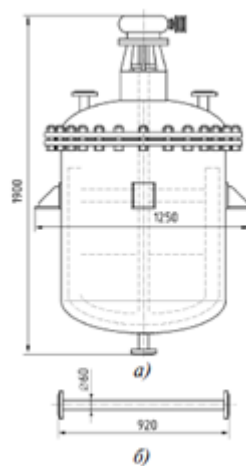


Рисунок 1 – Традиционный емкостный (а) и статический (б) смесители

2 Модификаторы и оборудование для улучшения характеристик дизельных топлив (техико-экономическое обоснование)

2.1 Патентные разработки по добавкам к топливам

Патент RU 2280068

Присадка содержит до 50 % алкил($C_3 - C_{20}$)нитрата и до 100 полимера этилена или его сополимера с альфа-олефинами $C_3 - C_4$ с мол.массой 50-100. В качестве базового топлива может быть использовано летнее или зимнее дизельное топливо нефтяного происхождения или газоконденсатное дизельное топливо. Предлагаемую присадку готовят путем смешения компонентов при повышенной температуре и перемешивании в течение 1,0-1,5 час. В состав дизельных топлив присадку вводят в виде 5-10%-ного концентрата в дизельном топливе или углеводородном растворителе, например толуоле, цетане и пр. Образцы дизельного топлива содержат 0,1 мас.% предлагаемой присадки. Введение предлагаемой присадки в состав летнего и зимнего дизельного топлива нефтяного происхождения позволяет улучшить их пусковые свойства (повысить цетановое число) и повысить их кинематическую вязкость [9].

Патент RU 2337944

Изобретение относится к области нефтепереработки и нефтехимии, точнее к получению полимерных депрессорных присадок для низких температур к дизельному топливу. Задачей изобретения является создание депрессорной присадки к дизельному топливу, способа и установки получения депрессорной присадки к дизельному топливу, дополнительно придающей диспергирующие свойства дизельному топливу, и дизельного топлива с такой присадкой.

Поставленная задача решается также тем, что дизельное топливо на основе базового дизельного топлива содержит эту присадку в количестве 0,05-

0,2% мас. Способ получения депрессорной присадки к углеводородному топливу осуществляют следующим образом.

Этилен-пропиленовый сополимер в виде измельченного синтетического этилен-пропиленового каучука с молекулярной массой 300000-1000000 и растворитель в виде углеводорода $C_{10} - C_{18}$ смешивают и нагревают до температуры 170...210°C при атмосферном давлении с получением однородной среды. В качестве углеводорода $C_{10} - C_{18}$ может быть применен, например, тетрадецен или фракция тетрамеров и пентамеров пропилена, содержащая, например, тетрамеры и пентамеры в равном молекулярном соотношении (по 50%). Через полученную однородную среду барботируют воздух, и при этом происходит термоокислительная реакция разложения синтетического этилен-пропиленового каучука молекулярным кислородом воздуха, в результате которой образуется продукт, который используют как депрессорную присадку к дизельному топливу. Выгодно использовать это продукт как депрессорную присадку к дизельному топливу в количестве, достаточном для усовершенствования температуры замерзания и предельной температуры фильтруемости [10].

Патент RU 2355732

Настоящее изобретение относится к области нефтепереработки и нефтехимии, конкретно к составу присадки к дизельному топливу и дизельного топлива, содержащего эту присадку. Задачей изобретения является разработка присадки к дизельному топливу, которая наряду с улучшением низкотемпературных и пусковых свойств дизельного топлива препятствует протеканию коррозии.

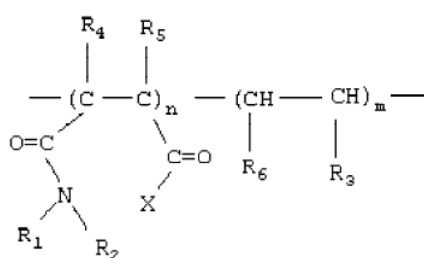
Предлагается присадка, содержащая алкил($C_3 - C_{18}$)нитрат – 75-90 мас.%, антикоррозионный компонент в количестве 5,0-15,0 мас.%, выбранный из группы: 3,4,4-триметил-2-фенилоктановая кислота; 2-имидазолин; алкил($C_4 - C_9$)тиазолидин; N-олеилсаркозин; и углеводородную фракцию,

выкипающую в интервале 120-270°C, до 100. Причем присадка дополнительно содержит в своём составе сополимер на основе этиленненасыщенных мономеров в количестве 0,5-1,5 мас.%. Предлагаемую присадку готовят путём смешения компонентов при повышенной температуре и постоянном перемешивании в течение 3-х часов.

Использование данной присадки в составах дизельных топлив позволит не только улучшить эксплуатационные характеристики нефтяных и газоконденсатных дизельных топлив, но и увеличить срок их хранения до 2-3 лет по сравнению с используемыми дизельными топливами, имеющими срок хранения 1-1,5 года [11].

Патент RU 2257400

Изобретение относится к разработке новой смеси полифункциональных добавок, улучшающей возможность использования средних дистиллятов при низких температурах. Полифункциональная добавка состоит из сополимеров по меньшей мере одного дикарбоксильного соединения и по меньшей мере одного олефина, на которые привиты азотсодержащие и/или сложноэфирные функциональные группы, общей формулы



в которой R_1 и R_2 , одинаковые или разные, означают водород или алкильные радикалы, содержащие от 1 до 20 атомов углерода, R_3 и R_6 означают водород или алкильные радикалы, содержащие от 1 до 30 атомов углерода, при этом R_3 выбирают из алкильных групп, содержащих от 12 до 30 атомов углерода, когда R_6 представляет собой водород и, наоборот, R_4 и R_5 , одинаковые или разные, означают водород или алкильный радикал, содержащий от 1 до 22 атомов

углерода, n и m означают целые числа, изменяющиеся в интервале от 1 до 50, X выбирают из солей аминов и N - алкилполиалкиленполиаминов и их моно- и полигидроксилированных производных, сложных алкиловых эфиров и сложных эфиров N -алкилполиалкиленполиаминов. Добавка позволяет снизить и поддержать минимальную рабочую температуру ниже -20°C , также увеличить цетановое число дистиллятов без осаждения парафинов, содержащихся в средних дистиллятах [12].

Вывод: Анализ патентной проработки показал наличие множества присадок к дизельному топливу разных составов и назначений, что говорит об актуальности их использования и большом ассортименте.

2.2 Патентные разработки по статическим смесителям

Патент RU 2509601

Изобретение относится к смесительным устройствам непрерывного действия и может быть применено для приготовления однородных смесей и эмульсий при перемешивании потоков жидкостей и газов в различных областях химической промышленности, нефтехимии, нефтегазопереработке и пищевой промышленности. Смеситель содержит цилиндрический корпус 1 с днищем и фланцем и герметично закрепленную на нем торцовую крышку 2. На крышке выполнены штуцеры 4 и 5 входа подлежащих перемешиванию потоков, а на днище – штуцер 6 выхода смеси. С внутренней стороны крышки 2 на отверстиях входных штуцеров 4 и 5 смонтированы смесительные насадки 7 и 8 в виде винтовых цилиндрических пружин, которые закручивают и завихряют перемешиваемые потоки. Внутри насадок неподвижно установлены штанги 10 и 11 с закрепленными на них каплевидными растекателями 12 и 13, направляющими перемешиваемые потоки к внутренним винтовым поверхностям пружинных смесительных насадок. К концам штанг растекателей может быть закреплен винтовой цилиндрический змеевик теплообменника, выполняющий наряду со своим прямым назначением также и функцию

смесительной насадки. Технический результат изобретения заключается в повышении эффективности перемешивания. На рисунке 2 представлен продольный разрез смесителя.

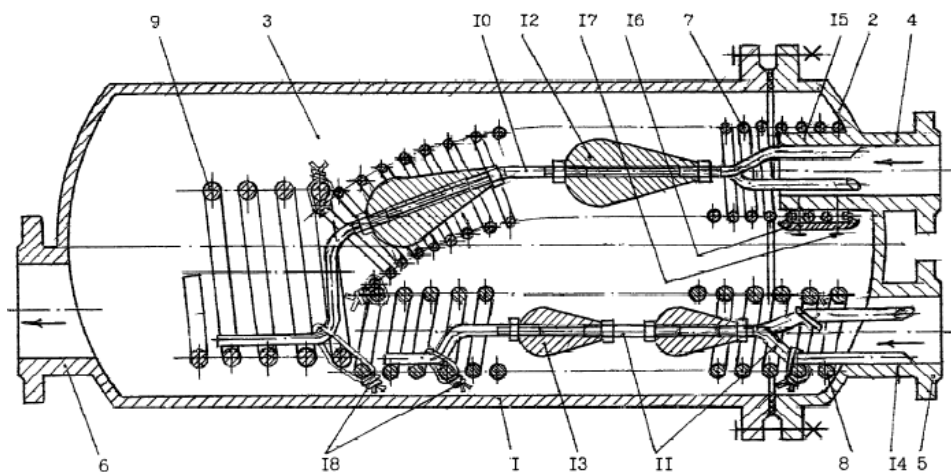


Рисунок 2 – Продольный разрез смесителя

Устройство имеет достаточно простую конструкцию, не содержит движущихся частей, бесшумно. Применяемые в качестве смесительных элементов винтовые цилиндрические пружины находятся в свободном или слабонагруженном состоянии, в связи с чем они могут быть изготовлены не из дорогостоящей пружинной проволоки, а навиты из более дешевого материала [13].

Патент RU 2457020

Согласно данному патенту статический смеситель содержит корпус с коническими днищами с патрубками для ввода основного и подмешиваемого компонентов и вывода готового продукта. В корпусе размещены смесительные элементы, выполненные в виде косо срезанных отрезков труб, установленных под углом к его продольной оси. Каждый последующий смесительный элемент повернут относительно предыдущего на угол, определяемый по формуле $\alpha = \frac{360}{n-1}$, где n – количество смесительных элементов.

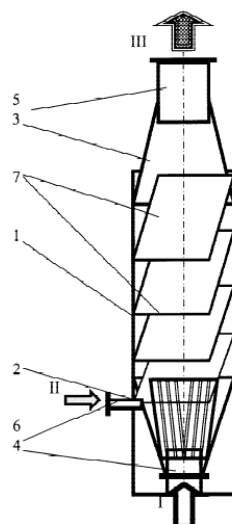


Рисунок 3 – Общий вид смесителя

Установка смесительных элементов в корпусе под углом к его оси позволило интенсифицировать процесс перемешивания, так как радиальное перемещение сред стало возможным по сечению всего корпуса.

Недостатком этого смесителя является недостаточная степень смешения перемешиваемых компонентов, обусловленная низкой скоростью радиального перемещения потоков в смесительных элементах [14].

Патент RU 2418624

Смеситель содержит цилиндрический корпус с входным и выходным патрубками. Концентрично оси корпуса установлен смесительный элемент, который выполнен в виде концентрических труб с чередующимися лепестками на внешних и внутренних поверхностях. Перед каждым лепестком со стороны входного патрубка выполнено отверстие.

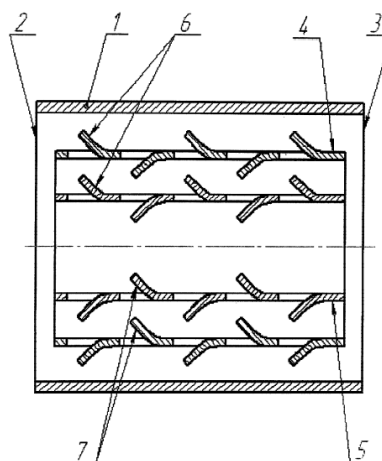


Рисунок 4 – Статический смеситель в разрезе

Все это приводит к интенсивному перемешиванию жидкости, проходящей смесительный элемент, за счет многократного изменения направления движения потоков жидкости, их разделения и последующего соединения и разных величин скорости этих потоков.

Повышение эффективности процесса перемешивания будет выражаться в повышении качества смесей и эмульсий, а также в сокращении времени их приготовления [15].

3 Постановка задачи исследования

В настоящее время на российском рынке наибольшее распространение получили депрессорно-диспергирующие присадки. Анализ ассортимента существующих и перспективных ДДП показывает, что основным компонентом этих присадок являются сополимеры этилена с винилацетатом, алкилакрилатов и др. [5].

Расчетные методы являются современным инструментом расчета физических и эксплуатационных свойств, что особенно актуально для прогнозирования качества сырья и влияния модифицирующих присадок. Возможность прогнозирования характеристик товарных продуктов позволяет осуществлять оптимальное управление качеством в режиме реального времени.

Целью данной работы является исследование и моделирование эксплуатационных свойств дизельных топлив как с присадками, так и без.

Объектами исследования служили образцы прямогонных дизельных дистиллятов различных НПЗ.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- выполнены экспериментальные работы по определению свойств прямогонных дизельных фракций и топлив с добавками и присадками;
- выполнен анализ расчетных методов;
- выполнена проверка адекватности и прогнозирующей способности расчетных методов;
- на основе результатов прогноза разработаны рецептуры добавок для улучшения эксплуатационных характеристик;
- выполнена экспериментальная проверка модифицирующих свойств предложенных присадок.

4 Экспериментальная часть

4.1 Определение основных физико-химических свойств исследуемого дизельного топлива

Основными эксплуатационными характеристиками дизельного топлива являются: цетановое число, плотность, фракционный состав, вязкость, температура вспышки и низкотемпературные свойства топлив.

Объектами исследования служили образцы дизельной фракции, полученные из нефти, поставляемые ОАО «АК «Транснефть», производства ООО «Томскнефтепереработка» и ООО «Анжерская Нефтеперерабатывающая Компания».

В исследуемых пробах определили фракционный состав по ГОСТ 2177-99, плотность по ГОСТ 3900-85, вязкость по ГОСТ 33-2000, температуру помутнения по ГОСТ 5066-91, температуру застывания по ГОСТ 20287-91, предельную температуру фильтруемости по ГОСТ 22254-92, температуру вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 2719-2008 и цетановый индекс по ГОСТ 27768-88.

4.1.1 Определение плотности

Плотность – это величина, характеризующая количество вещества, содержащееся в единице объема. Единицей измерения плотности в системе СИ является кг/м³. В экспериментальной практике определяется относительная плотность. Под относительной плотностью понимается отношение плотности нефтепродукта при 20°C к плотности дистиллированной воды (эталонной среды) при 4°C, либо отношение массы нефтепродукта при 20°C к массе такого же объема дистиллированной воды при 4°C. Обозначение относительной плотности - ρ_4^{20} .

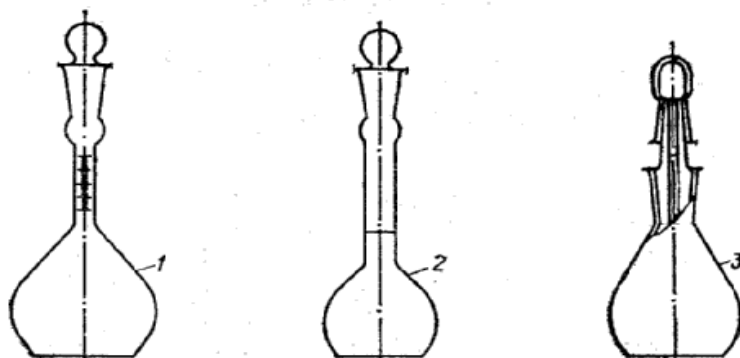
Значение плотности нефтепродукта зависит от температуры. Плотность уменьшается с увеличением их температуры.

Необходимые материалы и аппаратура - пикнометр, термостат, пипетка, бумага фильтровальная. Реактивы - хромовая смесь, вода дистиллированная, этиловый спирт.

Определение водного числа пикнометра

Стандартной температурой, при которой определяется плотность нефти и нефтепродукта, считается 20 °С. Чтобы определить плотность, используют стеклянные пикнометры с меткой и капиллярной трубкой различных объемов согласно рисунку 5.

Под «водным числом» подразумевается масса воды в объеме конкретного пикнометра при 20 °С (у каждого пикнометра свое значение «водного числа»). Перед тем как определить «водное число», сначала пикнометр промывают последовательно хромовой смесью, дистиллированной водой, этиловым спиртом и сушат. Чистый и сухой пикнометр взвешивают с



точностью до 4 знака после запятой.

Рисунок 5 – Пикнометры

С помощью пипетки наполняют пикнометр дистиллированной свежекипяченной и охлажденной до комнатной температуры водой (пикнометры с меткой - выше метки, а капиллярные - доверху). Далее пикнометр с водой выдерживают в термостате в течение 30 минут при $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Когда уровень воды в шейке пикнометра перестанет изменяться, отбирают избыток воды пипеткой или фильтровальной бумагой, устанавливая ее уровень по верхнему

краю мениска. Шейку пикнометра внутри вытирают и закрывают пробкой, тщательно вытирают пикнометр снаружи и взвешивают его с погрешностью до 0,0002 г.

Водное число m пикнометра определяется по следующей формуле:

$$m = m_2 - m_1 \quad (1)$$

где m_2, m_1 - масса пикнометра соответственно с водой и пустого, г.

Определение плотности

Сухой и чистый пикнометр наполняют с помощью пипетки анализируемой нефтью при 18 - 20 °С (пикнометр с меткой - немного выше метки, а капиллярный - доверху), стараясь не замазать стенки и горлышко пикнометра. Затем пикнометр с нефтью закрывают пробкой и термостатируют при 20±0,1°С в течение 30 минут до тех пор, пока уровень нефти перестанет изменяться. Избыток нефти отбирают пипеткой или фильтровальной бумагой. Затем пикнометр тщательно вытирают снаружи и взвешивают с точностью до 0,0002 г. Относительную плотность ρ' анализируемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:

$$\rho' = (m_3 - m_1) / m, \quad (2)$$

где m_3 -масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г;

m_1 —масса пустого пикнометра, г;

m - водное число пикнометра, г.

Поправку к плотности, определенной при атмосферном давлении, отличном от 101,3 кПа пересчитывают формуле:

$$\rho_4^{20} = (0,99823 - 0,0012) \rho + 0,0012 \quad (3)$$

где 0,99823—значение плотности воды при 20°С;

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

ρ' -относительная плотность испытуемого продукта, г/см³

Для получения плотности ρ^{20} анализируемой нефти поправку вычитают из значения относительной плотности.

Следует иметь в виду, что результаты определения плотности искажаются при наличии в исходной пробе нефти воды и механических примесей. За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений.

Два результата определений, полученные одним исполнителем, считаются правильными, если расхождения между ними не превышает $0,0006 \text{ г/см}^3$ [16].

4.1.2 Определение фракционного состава

Фракционный состав – один из основных показателей автомобильных бензинов, керосинов, дизельных топлив и др. При проведении разгонки для данных нефтепродуктов нормируются: температура начала кипения, температуры при которых отгоняется 10, 50, 90, 97 объемн. % от загрузки, а так же остаток (в %) и температура конца кипения.

Температура начала кипения и особенно температура выкипания 10% топлива характеризует пусковые свойства топлива. Чем ниже эта температура, тем, следовательно, больше в топливе легко испаряющихся веществ и тем легче и при более низкой температуре можно запустить двигатель. При увеличении этой температуры уменьшается полнота испарения топлива, что влечет за собой неравномерность в его распределении по цилиндрам двигателя.

Сущность метода заключается в перегонке 100 см^3 испытуемого образца при условиях, соответствующих природе продукта, и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата. Схема стандартного аппарата для процесса перегонки показана на рисунке 6.

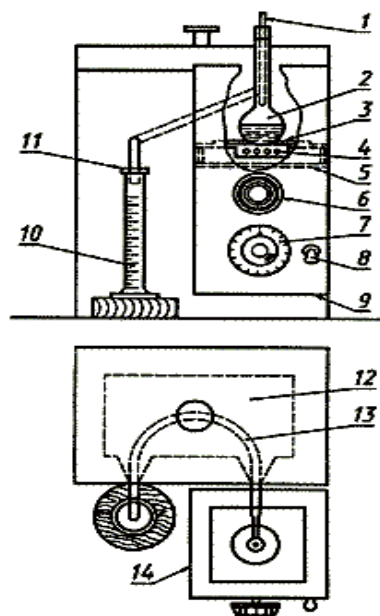


Рисунок 6 - Схема аппарата для разгонки нефтепродуктов

1 - термометр; 2 - колба для перегонки; 3 - асбестовая прокладка;

4 - электрический нагревательный элемент; 5 - подставка; 6 - ручка для регулирования положения колбы; 7 - диск для регулирования нагрева; 8 - выключатель; 9 - открытое дно кожуха; 10 - мерный цилиндр;

11 - фильтровальная бумага; 12 - охлаждающая баня; 13 - трубка холодильника; 14 – кожух.

Показываемая термометром температура в момент падения первой капли конденсата с конца трубки холодильника в мерный цилиндр, и есть температура начала кипения.

Далее перегонку ведут со скоростью $2-5 \text{ см}^3$ в 1 минуту, что соответствует примерно 20-25 каплям за 10 секунд (количество капель за 10 с, соответствующее скорости перегонки $2-5 \text{ см}^3$ в 1 мин, уточняется для каждой трубки холодильника отдельно). В процессе перегонки записывают температуры выкипания и объем конденсата. Перегонку нефти ведут до 300°C . После достижения конечной температуры, установленной в нормативной документации на испытуемый нефтепродукт, нагрев колбы прекращают, дают стечь конденсату в течение 5 мин и записывают объем жидкости в цилиндре [17].

4.1.3 Определение вязкости

Вязкость – это важнейший физический параметр, определяющий характер нефти, входит во все гидродинамические расчеты, связанные с движением нефти, например в нефтепроводах, а также используется при подсчете запасов нефти, проектировании разработки нефтяных месторождений, в химмотологии. Различают динамическую, кинематическую и условную вязкость.

Динамическая вязкость η - это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости при заданной температуре.

Кинематическая вязкость ν - отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре. Единица кинематической вязкости в системе СИ $\text{м}^2/\text{с}$, на практике используют обычно $\text{мм}^2/\text{с}$ ($1 \text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$). Согласно унифицированной программе исследования для нефти определяют кинематическую (или динамическую) вязкость при температурах от 0 до 50°C.

Условная вязкость – отношение времени истечения 200 мл испытуемого нефтепродукта из вискозиметра типа ВУ (при температуре испытания) ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при температуре 20 °С. Единица измерения условной вязкости выражается как число в условных градусах (°ВУ).

Определение кинематической вязкости

Приборы, реактивы, материалы: вискозиметр стеклянный типа ВПЖТ, ВНЖТ или ВПЖ, ВНЖ, термостат, резиновая трубка, резиновая груша, секундомер.

Сущность метода заключается в измерении калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения, в секундах определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной

температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра.

В лабораторной практике наиболее распространены вискозиметры Пинкевича типа ВПЖТ-4, ВПЖТ-2 рис.7.

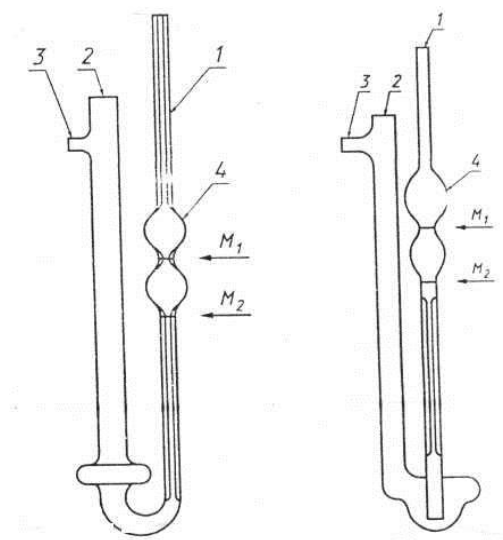


Рисунок 7 – Вискозиметры Пинкевича:

1, 2 – колено; 3 – отводная трубка; 4 – расширение капиллярной трубки

Чистый сухой вискозиметр в соответствии рис. 7, заполняют нефтью (нефтепродуктом), далее нефтью. Для этого на отводную трубку 3 надевают резиновую трубку. Затем зажав пальцем колено 2 и перевернув вискозиметр, опускают колено 1 в сосуд с нефтью и засасывают нефть с помощью резиновой груши до метки M_2 , следя за тем, чтобы в нефти не образовалось пузырьков воздуха. Вынимают вискозиметр из сосуда и быстро возвращают в нормальное положение. Снимают с внешней стороны конца колена 1 избыток нефти и надевают на его конец резиновую трубку.

Вискозиметр выдерживают в термостате в течение 15 минут, имеющий температуру 20°C , так чтобы расширение 4 было ниже уровня воды. После истечения 15 минут засасывают нефть в колено 1, примерно на $1/3$ высоты расширения 4. Соединяют колено 1 с атмосферой и определяют время перемещения мениска нефти от метки M_1 до метки M_2 (с точностью до десятых

долей). Если результаты трех последних измерений не отличаются более чем на 0,2 %, кинематическую вязкость ν , мм²/с, вычисляют как среднеарифметическое по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau \quad (4)$$

где C - постоянная вискозиметра, мм²/с²;

τ - среднее время истечения нефти в вискозиметре, с.

Динамическую вязкость η , мПа с, исследуемой нефти вычисляют по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho \quad (5)$$

где ν - кинематическая вязкость, мм²/с;

ρ - плотность при той же температуре, при которой определялась вязкость, г/см³ [18].

4.1.4 Определение температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации по ГОСТ 5066-91

А - определение температуры начала кристаллизации (точка кристаллизации) и кристаллизации (точка замерзания);

Б - определение температуры помутнения и начала кристаллизации.

Сущность методов состоит в охлаждении пробы топлива и определении температуры помутнения, появления первых кристаллов, исчезновения кристаллов углеводородов.

Точность метода.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Результат округляют до целого числа.

Повторяемость.

Два результата определений, полученные одним исполнителем в одной лаборатории, признаются достоверными (при 95 %-ном уровне доверительной вероятности), если расхождение между ними не превышает 1,0 °С.

Воспроизводимость.

Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными (при 95 %-ном уровне доверительной вероятности), если расхождение между ними не превышает 3,0 °С [19].

4.1.5 Определение температуры застывания по ГОСТ 20287-91

А - определение температуры текучести;

Б - определение температуры застывания.

Сущность методов заключается в предварительном нагревании образца испытуемого нефтепродукта с последующим охлаждением его с заданной скоростью до температуры, при которой образец остается неподвижным. Указанную температуру принимают за температуру застывания.

Наиболее низкую температуру, при которой наблюдается движение нефтепродуктов в условиях испытания, принимают за температуру текучести.

Обработка результатов.

За температуру застывания испытуемого нефтепродукта принимают среднее арифметическое результатов двух определений.

Точность метода.

Сходимость.

Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными с 95 %-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 2 °С.

Воспроизводимость.

Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными с 95 %-ной доверительной вероятностью, если расхождение между ними не превышает 8 °С [20].

ЛАЗ-М1 Аппарат для определения температур застывания и помутнения дизельных топлив.

Предназначен для контроля качества нефтепродуктов и автоматического определения таких важных характеристик как температура застывания дизельного топлива (ГОСТ 20287 и ASTM D97) и температура помутнения (ГОСТ 5066 и ASTM D2500).

Таблица 7 - Технические характеристики ЛАЗ-М1

Диапазон застывания,	определения	температуры	от - 40 °С до + 10 °С
-------------------------	-------------	-------------	-----------------------

Сходимость при определении температуры застывания	2 °С
Сходимость при определении температуры помутнения	1 °С
Воспроизводимость при определении температуры застывания	6 °С
Воспроизводимость при определении температуры помутнения	3 °С
Время проведения одного анализа	От 10 до 45 мин
Вид представления информации	цифровое табло
Температура окружающего воздуха	от +10 °С до +35 °С
Температурный датчик	платиновый термометр
Детектирование потери подвижности	автоматическое
Система охлаждения	Полупроводниковые охлаждающие элементы, вода с температурой не более +25 °С и расходом 0,04 м ³ /час
Параметры электропитания:	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	110 Вт
Габаритные размеры	410x380x270 мм
Масса	16 кг

Принцип действия аппарата заключается в охлаждении пробы испытуемого продукта и фиксации температуры ее помутнения или потери подвижности. Температурные режимы предварительного разогрева и охлаждения пробы поддерживаются автоматически. Момент помутнения пробы определяется оптическим методом, момент застывания - манометрическим устройством.

Помутнение дизельного топлива при охлаждении ниже, чем температура помутнения, приводит к засорению топливных фильтров и прекращению подачи горючего в двигатель. Застывание при охлаждении ниже, чем температура застывания дизельного топлива, препятствует перекачке горючего из мест хранения.

ЛАЗ-М1 автоматически поддерживает температурные режимы предварительного разогрева и охлаждения пробы, предусмотренные стандартами, и последовательно фиксирует температуру помутнения и температуру застывания дизельного топлива. Определение температуры помутнения осуществляется оптическим методом, когда в дизельном топливе начинают образовываться кристаллы парафина. Определение температуры застывания дизельных топлив производится оригинальным методом с помощью манометрического устройства.

Предусмотрена самодиагностика работы основных узлов аппарата и вывод информации о неисправностях на цифровое табло.

Удобный и понятный интерфейс пользователя обеспечивает простое управление прибором [21].

Расчетный метод определения температуры застывания

Для расчета использовались следующие формулы:

Для $t_{\text{заст}}$ существует уравнение расчета через вязкость:

$$t_{\text{заст}} = \frac{4,254(\ln v_{50})^2 + 48,337 \ln v_{50} - 59,5}{1 + 0,184 \ln v_{50}} \quad [22]$$

Также для определения температуры застывания используют температуру выкипания 96% фракции дизельного топлива и формулу:

$$T_3 = 0,87 \cdot T_{\text{к.к.}} - 321,7 \quad [22]$$

где $T_{\text{к.к.}}$ – температура выкипания 96% фракции, °C;

0,87 и 321,7 – эмпирические коэффициенты.

4.1.6 Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре по ГОСТ 22254-92

Испытания проводились с использованием аппарата АТФ – 01.

Предельная температура фильтруемости - это наиболее высокая температура, при которой данный объем топлива не проходит через стандартный фильтр в установленное время при стандартизованных условиях охлаждения.

Метод применим к дизельному топливу с присадками и без них, а также на топливах, используемых в домашних отопительных системах.

Метод заключается в постепенном охлаждении испытуемого топлива с интервалами в 1 °С и стении его через проволочную фильтрационную сетку при вакууме 1961 Па (200 мм вод. ст.) [20 мбар].

Определение ведут до температуры, при которой кристаллы парафина, выделенного из раствора на фильтр, вызывают прекращение или замедление протекания в такой степени, что время наполнения пипетки превышает 60 с, или топливо не стекает полностью обратно в измерительный сосуд [23].

Точность метода.

Сходимость.

Расхождение между последовательными результатами испытания, полученное одним и тем же оператором на одной и той же аппаратуре в одинаковых условиях на идентичном исследуемом материале при правильном выполнении испытания, превышает значения, указанные на черт. 9 ГОСТа 22254-92, в одном случае из двадцати.

Два результата определений, полученные одним исполнителем в одной лаборатории, признаются достоверными (при доверительной вероятности 95 %), если расхождение между ними не превышает 1 °С.

Воспроизводимость.

Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными (при доверительной вероятности 95 %), если расхождение между ними не превышает 2 °С.

Примечание. Ниже минус 35 °С погрешность не установлена [23].

Аппаратура.

Аппарат АТФ – 01 предназначен для контроля качества нефтепродуктов по предельной температуре фильтруемости на холодном фильтре в соответствии с ГОСТ 22254, ASTM D6371, IP 309, EN1169.

Принцип действия.

Испытательная ячейка с образцом топлива охлаждается в определенных

условиях и, с интервалами в 1 °С, топливо затягивается в пипетку в условиях контролируемого вакуума через стандартный фильтр, представляющий собой проволочную сетку.

Определение ведется до температуры, при которой время наполнения пипетки превысит 60 с или топливо не стечет обратно в испытательную ячейку до того, как она охладится еще на 1 °С.

Преимущества:

Аппарат для определения предельной температуры фильтруемости удобен и надежен в эксплуатации и по своим техническим и эргономическим характеристикам не уступает лучшим зарубежным аналогам. Технические характеристики указаны в таблице 8.

Особенности:

- Все операции в ходе измерения выполняются автоматически, без участия лаборанта.
- Требуемые режимы охлаждения, поддержания и измерения температур с предусмотренной стандартом точностью обеспечиваются прецизионным регулятором температур.
- Параметры анализа (заданная температура начала анализа, температура пробы, температура в камере охлаждения, время подъема и слива пробы) постоянно отображаются на цифровом дисплее в процессе анализа.
- При контрольном всасывании пробы, происходящем при комнатной температуре, аппарат производит самодиагностику работы основных узлов.
- Значение предельной температуры фильтруемости пробы как результат анализа выводится на табло дисплея [21].

Таблица 8 - Технические характеристики АТФ – 01 [21]

Количество измерительных ячеек	одна
Охлаждение ячейки	элементы Пелетье и внешний криостат небольшой мощности
Ступени охлаждения, °С	- 34, - 51, - 67
Точность поддержания температуры в камере охлаждения, °С	$\pm 0,5 \dots \pm 2,0$

Контроль за движением образца в пипетке	оптические датчики
Система создания вакуума	микронасос с электронным регулятором вакуума
Вид представления информации	цифровой дисплей
Температурный датчик	платиновый термометр
Точностные характеристики	соответствуют стандартам
Питание	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт	800
Габаритные размеры аппарата внешнего криостата	600×340×560/360×360×625
Масса, кг	45

Расчетная формула температуры помутнения выглядит следующим образом:

$$y = -2065306,36 + 10965,16 \cdot x_1 + 7751,11 \cdot x_2 + 2460,11 \cdot x_3 - 41,17 \cdot x_1 \cdot x_2 - 13,06 \cdot x_1 \cdot x_3 - 9,23 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,049 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad [22]$$

где x_1 - $T_{10\%}$, °C ; x_2 - $T_{50\%}$, °C ; x_3 - ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

4.1.7 Определение температуры вспышки в закрытом тигле Пенски - Мартенса по ГОСТ Р ЕН ИСО 2719-2008

Испытания проводились с использованием аппарата ТВЗ-ЛАБ-01.

Нефтепродукты являются горючими и пожароопасными веществами. Пожароопасность керосинов, масел, мазутов и других тяжелых нефтепродуктов оценивается температурами вспышки и воспламенения.

Температурой вспышки является температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемого в определенных стандартных условиях, образуют с окружающим воздухом взрывчатую смесь и вспыхивают при поднесении к ней пламени. Следует отметить, что при определении температуры вспышки топлив определяют верхний предел взрываемости, а для остальных нефтепродуктов – нижний.

Температура вспышки зависит от фракционного состава нефтепродуктов. Чем ниже пределы перегонки нефти, тем ниже и температура

вспышки. Средняя температура вспышки бензинов находится в пределах от 30 до 40 °С, керосинов 30-60°С, дизельных топлив 30 – 90 °С и нефтяных масел 130 - 320 °С. По температуре вспышке можно судить о наличии примесей более низкокипящих фракций в тех или иных товарных или промежуточных нефтепродуктах.

Настоящий стандарт устанавливает два метода (А и В) определения температуры вспышки горючих жидкостей, жидкостей, которые содержат взвешенные твердые частицы, жидкостей, склонных к образованию пленки на поверхности в условиях испытания, и других жидкостей в аппарате Пенски-Мартенса с закрытым тиглем. Методы распространяются на жидкости, которые имеют температуру вспышки выше 40 °С.

Метод А используется для определения температуры вспышки лаков и красок, которые не образуют пленку на поверхности, товарных смазочных масел и других нефтепродуктов, для которых не пригоден метод В.

Сущность метода.

В испытательный тигель аппарата Пенски - Мартенса помещают испытуемый образец и подогревают таким образом, чтобы при непрерывном перемешивании происходило постоянное повышение температуры. Источник зажигания опускают через равные промежутки времени через отверстие в крышке тигля, в то же время перемешивание прекращают. Самую низкую температуру, при которой источник зажигания вызывает возгорание паров испытуемого образца нефтепродукта, а пламя распространяется по поверхности жидкости, регистрируют как температуру вспышки при фактическом барометрическом давлении. Эту температуру приводят к стандартному атмосферному давлению, используя уравнения [24].

Оборудование.

Аппарат Пенски - Мартенса для определения температуры вспышки с закрытым тиглем.

Термометры для низких, средних и высоких температур. В начале измерения термометр выбирают в соответствии с предполагаемой температурой вспышки.

Барометры с точностью 0,1 кПа. Не следует использовать барометры, предварительно откорректированные на давление над уровнем моря, такие, которые используют на метеорологических станциях и в аэропортах.

Нагревательная баня или печь, в случае необходимости нагревания образца, способна обеспечивать поддержание температуры с точностью ± 5 °С. Печь должна быть оборудована системой вентиляции и сконструирована таким образом, чтобы не вызывать воспламенение каких-либо горючих паров, которые могут образоваться при нагревании образца.

Обработка результатов.

Температуру вспышки, скорректированную по стандартному атмосферному давлению, округляют до 0,5 °С.

Точность метода.

Повторяемость (сходимость) г.

Разница между двумя результатами испытания, полученными одним оператором на одной и той же аппаратуре при постоянных условиях на идентичном материале для исследования при нормальном и правильном выполнении метода испытания в течение длительного времени, может превышать значения, приведенные в таблице 9, только в одном случае из двадцати.

Таблица 9 - Повторяемость для метода В

Материал (нефтепродукт)	Диапазон температуры вспышки, °С	Повторяемость г, °С
Остаточные топлива и разжиженные битумы	От 40 до 110	2,0
Отработанные смазочные масла	От 170 до 210	5,0 ^a

а - данные, полученные по одному образцу жидкого дизельного моторного топлива, испытанного в 20 лабораториях.

Воспроизводимость R.

Расхождение между двумя независимыми результатами испытаний, полученными разными операторами, работающими в различных лабораториях, на идентичном материале для испытания при нормальном и правильном выполнении метода испытания в течение длительного времени, может превышать значения, приведенные в таблицах 10, только в одном случае из двадцати.

Таблица 10 - Воспроизводимость для метода В

Материал (нефтепродукт)	Диапазон температуры вспышки, °С	Воспроизводимость R, °С
Остаточные топлива и разжиженные битумы	от 40 до 110	6,0
Отработанные смазочные масла	от 170 до 210	16,0 ^а

а - данные, полученные по одному образцу дизельного моторного топлива, испытанного в 20 лабораториях.

ТВЗ-ЛАБ-01 Аппарат для определения температуры вспышки в закрытом тигле.

Полуавтоматический аппарат ТВЗ-ЛАБ-01 предназначен для определения температуры вспышки в закрытом тигле по методу Пенски - Мартенса в соответствии с ГОСТ Р ЕН ИСО 2719-2008, ГОСТ 6356-75, ISO 2719, ASTM D 93 (методы А и В). Технические характеристики указаны в таблице

11.

Анализатор автоматически производит нагрев тигля с образцом и перемещение испытательного пламени. Момент вспышки устанавливается визуально и регистрируется нажатием на кнопку «СТОП», при этом на дисплее отображается температура вспышки.

Особенности конструкции:

Микропроцессорный контроллер управляет работой блоков устройства, обеспечивая полную автоматизацию испытаний, за исключением детектирования вспышки.

Автоматический нагрев образца с требуемой скоростью. Возможность задания двух различных скоростей нагрева для разных температурных интервалов в течение одного эксперимента.

Система перемещения горелки обеспечивает внесение тестового пламени в полном соответствии со стандартом.

Память аппарата на 20 программ испытаний. Параметры программ могут корректироваться пользователем.

Три предустановленные программы для анализа различных продуктов: стандартный метод, быстрый оценочный поиск температуры вспышки, определение температуры вспышки по ГОСТ 9287 для растительных масел.

Запатентованная конструкция магнитной муфты мешалки (между мотором и мешалкой отсутствует механическое сцепление) гарантирует высокую надежность перемешивающего механизма, защищая привод от перегрузки при работе с высоковязкими образцами.

Газовая система аппарата обеспечивает регулирование газовых потоков даже при больших давлениях, что позволяет использовать портативные баллончики со сжиженным газом. Адаптер для подключения мини-баллонов входит в комплект поставки.

Таблица 11 - Технические характеристики ТВЗ-ЛАБ-01

Диапазон измерения температуры вспышки (с охлаждением тигля), °C	от + 15 до + 400*
Скорость нагрева тигля с образцом, °C/мин	0..20
Поджиг	газовое пламя

Частота вращения мешалки, об/мин	30...240
Расход горючего газа, не более, мл/с	8,5
Потребляемая мощность от сети переменного тока 220 В, не более, Вт	600
Габаритные размеры аппарата, не более, мм	350x250x280
Масса аппарата, не более, кг	8

При работе в области температур, ниже температуры окружающей среды, требуется предварительное охлаждение тигля с образцом, например, в морозильной камере. В этом случае следует учитывать влияние температуры окружающей среды на параметры процесса [21].

Для определения температуры вспышки расчетным методом представлено несколько формул:

$$T_{\text{всп}} = 0,675 \cdot A + 30,8 \quad (9)$$

где A – цетановое число.

$T_{\text{всп}}$ определяют по фракционному составу:

$$t_{\text{всп}} = 310\rho_4^{20} - 291 + 0,635t_{\text{н.к.}} + \exp(-6,125 \ln t_{\text{н.к.}} + 31,125) \quad (10)$$

Расчет по методу прогнозирования температуры вспышки от цетанового числа

Формула, корректировка свободного члена фракции дизельного топлива прямогонного выглядит так:

$$T_{\text{всп}} = 0,675 \cdot A + 7,9 \quad (11)$$

Формула, корректировка свободного члена фракции дизельного топлива с добавлением депрессорно-диспергирующей присадки выглядит так:

$$T_{\text{всп}} = 0,675 \cdot A + 8,6 \quad (12)$$

Метод прогнозирования температуры вспышки от 10% отгона по ASTM

Для определения температур вспышки с применением метода ASTM 10%, выведено уравнение:

$$T_f = -124,72 + 0,70704 \cdot T_1 \quad (13)$$

Формула, корректировка свободного члена фракции дизельного топлива выглядит так:

$$T_f = -130,32 + 0,70704 \cdot T_1 \quad (14)$$

4.1.8 Определение цетанового индекса по ГОСТ 27768-88

Сущность.

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

На основе полученных данных рассчитывают по уравнению или определяют по номограмме цетановый индекс дизельного топлива.

Обработка результатов.

Цетановый индекс (ЦИ) рассчитывают по уравнению:

$$\text{ЦЧ} = 454,74 - 1641,416\rho^{15} + 774,74(\rho^{15})^2 - 0,554T + 97,803(\log T)^2 \quad (15)$$

где ρ^{15} – плотность при 15 °С, г/см³; T – температура кипения 50%-ной (по объему) фракции, °С.

Цетановый индекс дистиллятных дизельных топлив может быть определен по номограмме.

Точность.

Показатели точности при определении цетанового индекса расчетным методом зависят от точности методов определения плотности по ГОСТ 3900-85 и температуры кипения 50 %-ной (по объему) фракции топлива по ГОСТ 2177-82.

В области цетановых чисел от 30 до 60 для дистиллятных дизельных топлив расчетный цетановый индекс совпадает (с 75 %-ной доверительной вероятностью) с цетановым числом, определенным экспериментально на испытательной аппаратуре, с расхождением в пределах ± 2 цетановые единицы [25].

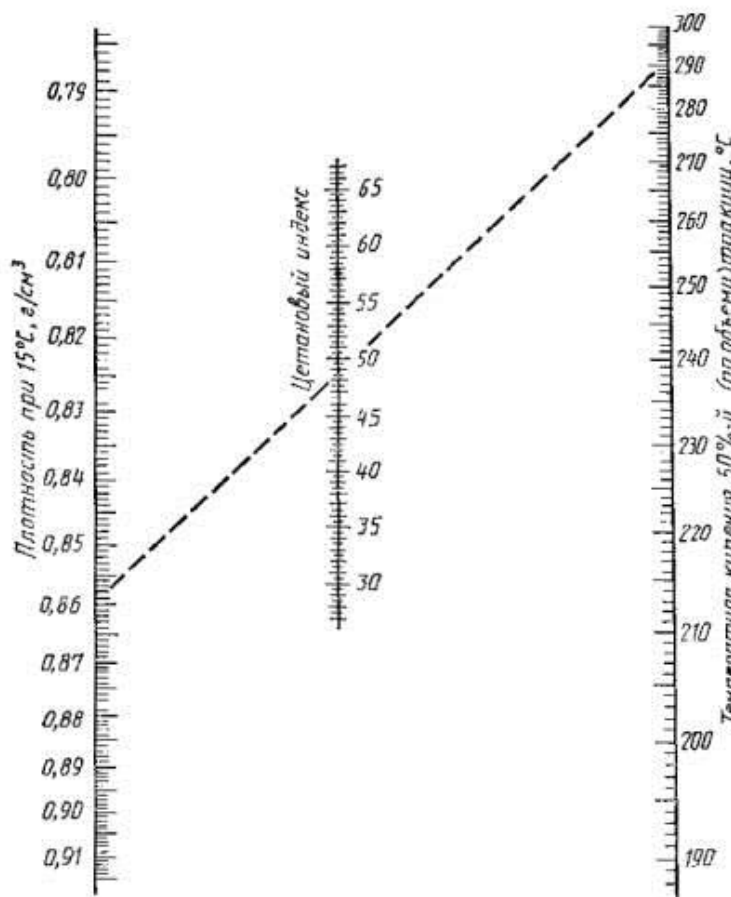


Рисунок 8 – Номограмма для определения ЦИ

4.2 Результаты исследования

Результаты испытаний до ввода присадок для образцов №1 «Семилужки» и №2 «Анжерка» приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты дизельных топлив до ввода присадок

№ п/п	Характеристика	1 - Семилужки	2-Анжерка
1	Относительная плотность, г/см ³ (экспериментальная)	0,8227	0,8258
	Фракционный состав (экспериментальный), °C:		

2	$T_{н.к.}$	138,0	147,0
	$T_{10\%}$	178,0	190,0
	$T_{50\%}$	248,0	255,0
	$T_{90\%}$	310,0	323,0
	$T_{к.к.}$	337,0	345,0
3	Кинематическая вязкость ν_{20} , мм ² /с (экспериментальная)	2,7831	3,0292
4	Кинематическая вязкость ν_{50} , мм ² /с (экспериментальная)	1,6779	1,8262
5	Молекулярная масса, г/моль	186,7	194
6	$T_{всп}$, °C	43	45
7	$T_{пом.}$, °C	-26,0	-19,0
8	ПТФ, °C	-26,5	-21,0
9	$T_{заст.}$, °C	-35,0	-28,0
10	ЦИ по формуле (1)	50,72	51,76
11	ЦИ по номограмме ГОСТ 27768-88	51	51,3

Присадка №1 - Keroflux 3614

Присадка №2 – Dodiflow 5416

Таблица 13 - Результаты после ввода присадок для образца №1 «Семилужки»

№	$C_{масс}$, %	Присадка №1					Присадка №2				
		$T_{всп}$, °C	$T_{пом.}$, °C	ПТФ, °C	$T_{заст.}$, °C	Плотность, г/см ³	$T_{всп}$, °C	$T_{пом.}$, °C	ПТФ, °C	$T_{заст.}$, °C	Плотность, г/см ³
1	0,02	42,0	-24,0	-26,0	-33,0	0,8228	43,0	-24,0	-26,0	-33,0	0,8225
2	0,05	43,5	-24,0	-27,5	-35,0	0,8226	44,0	-24,0	-28,0	-37,0	0,8224
3	0,08	44,0	-24,0	-29,0	-38,0	0,8225	44,5	-24,0	-30,0	-39,5	0,8223
4	0,1	45,5	-24,0	-30,5	-39,0	0,8223	45,0	-24,5	-32,0	-41,5	0,8220
5	1,00	46,0	-24,0	-32,0	-41,0	0,8213	47,0	-24,5	-33,0	-43,0	0,8209

Таблица 14 – Фракционный состав образца №1 с присадкой

№		Фракционный состав	
---	--	--------------------	--

15 -

п/п	С _{масс} , %	T _{н.к.} , °C	T _{10%} , °C	T _{50%} , °C	T _{90%} , °C	T _{к.к.} , °C	ЦИ по номограмме ГОСТ 27768-88
Присадка №1 - Keroflux 3614							
1	0,02	138,0	177,0	239,0	309,0	334,0	50,0
2	0,05	137,0	174,0	238,0	299,0	328,0	50,0
3	0,08	135,0	171,0	235,0	292,0	324,0	51,0
4	0,1	135,0	169,0	232,0	290,0	317,0	51,0
5	1,00	132,0	167,0	225,0	284,0	313,0	51,5
Присадка №2 – Dodiflow 5416							
1	0,02	137,0	175,0	238,0	307,0	330,0	50,5
2	0,05	137,0	171,0	233,0	297,0	326,0	50,5
3	0,08	136,0	166,0	229,0	294,0	320,0	51,0
4	0,1	136,0	162,0	226,0	293,0	318,0	51,0
5	1,00	134,0	160,0	221,0	288,0	315,0	51,0

Таблица

Результаты после ввода присадок для образца №2 «Анжерка»

С _{масс} , %	Присадка №1					Присадка №2				
	T _{всп.} , °C	T _{лом.} , °C	ПТФ, °C	T _{заст.} , °C	Плотность, г/см3	T _{всп.} , °C	T _{лом.} , °C	ПТФ, °C	T _{заст.} , °C	Плотность, г/см3
0,02	45,0	-19,0	-21,0	-31,0	0,8255	45,5	-19,0	-22,0	-30,0	0,8257
0,05	45,0	-19,0	-22,0	-35,0	0,8249	46,5	-19,0	-23,0	-34,0	0,8240
0,08	45,5	-19,0	-23,5	-37,0	0,8231	47,0	-19,5	-25,5	-38,0	0,8233
0,1	46,5	-19,5	-26,5	-39,0	0,8217	48,0	-20,0	-27,0	-39,0	0,8210
1,00	47,0	-19,5	-28,0	-41,0	0,8203	48,0	-20,0	-29,0	-42,0	0,8193

Таблица 16 – Фракционный состав образца №2 с присадкой

№ п/ п	C _{масс} , %	Фракционный состав					ЦИ по номограмм е ГОСТ 27768-88
		T _{н.к.} , °C	T _{10%} , °C	T _{50%} , °C	T _{90%} , °C	T _{к.к.} , °C	
Присадка №1 - Keroflux 3614							

1	0,02	146,0	189,0	254,0	321,0	342,0	51,0
2	0,05	144,0	186,0	253,0	318,0	339,0	51,5
3	0,08	143,0	183,0	251,0	314,0	337,0	51,5
4	0,1	142,0	180,0	247,0	312,0	334,0	52,0
5	1,00	139,0	174,0	243,0	305,0	329,0	52,0
Присадка №2 – Dodiflow 5416							
1	0,02	147,0	188,0	253,0	320,0	343,0	51,0
2	0,05	146,0	186,0	250,0	319,0	340,0	51,0
3	0,08	144,0	183,0	249,0	313,0	336,0	51,5
4	0,1	143,0	181,0	245,0	310,0	335,0	51,5
5	1,00	139,0	177,0	239,0	307,0	330,0	51,5

4.3 Расчетные методы определения физико-химических свойств

Для определения температуры застывания используют температуру конца кипения фракции дизельного топлива и формулу:

$$T_3 = 0,87 \cdot T_{\text{к.к.}} - 321,7$$

Таблица 17 – С добавлением присадок для образца №1 «Семилужки»

№	C _{масс} , %	T ₃ ^{эксп.}	T ₃ ^{расч.}	ΔT	Погрешность δ, %
Присадка №1 - Keroflux 3614					
1	0,02	-33,0	-31,12	1,88	5,7
2	0,05	-35,0	-36,34	1,34	3,8
3	0,08	-38,0	-39,82	1,82	4,8
4	0,1	-39,0	-43,90	4,9	12,6
5	1,00	-41,0	-45,41	4,41	10,8
Присадка №2 – Dodiflow 5416					
1	0,02	-33,0	-34,60	1,6	4,8
2	0,05	-37,0	-38,08	1,08	2,9
3	0,08	-39,5	-43,3	3,8	9,6

4	0,1	-41,5	-43,04	1,54	3,7
5	1,00	-43,0	-46,65	3,65	8,5

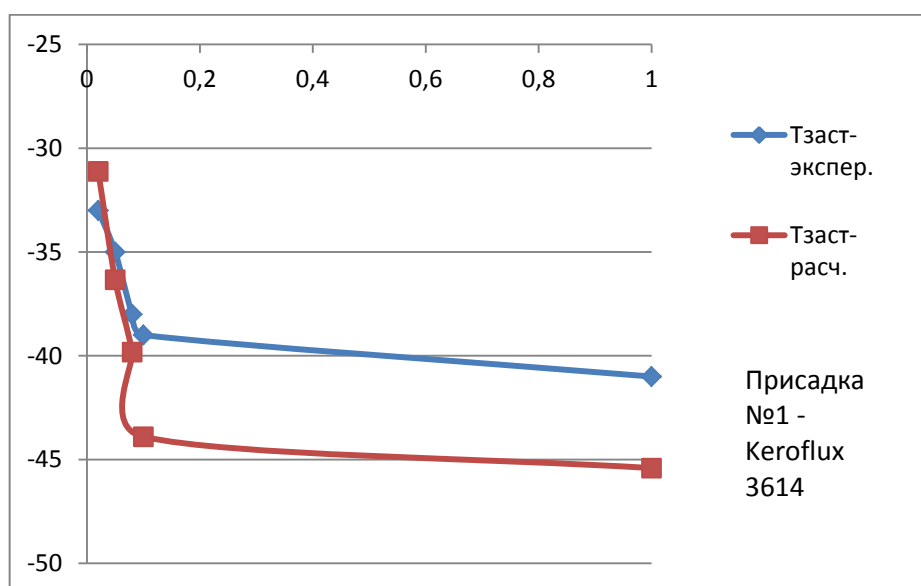


Рисунок 9 – Сравнение $T_{заст.}$ для образца №1 «Семилужки»

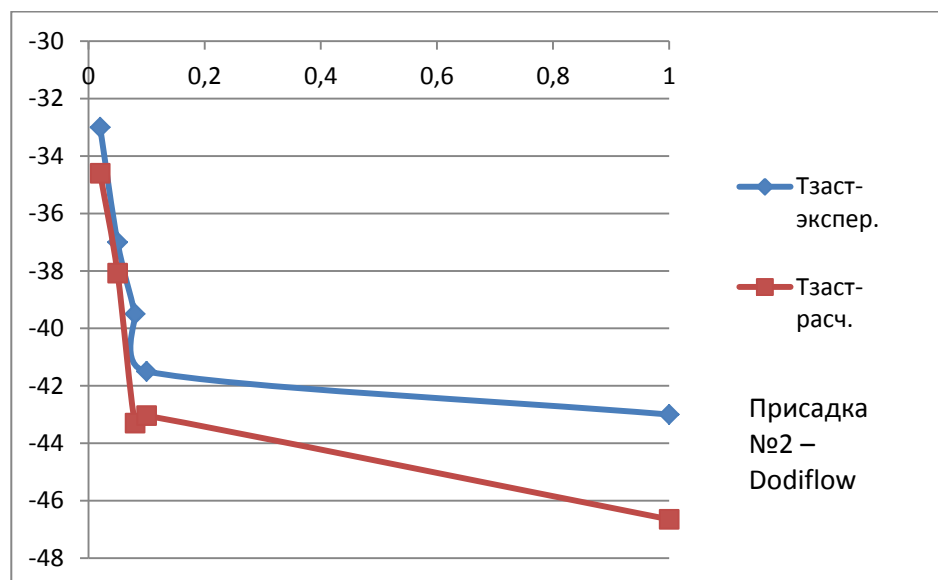


Рисунок 10 – Сравнение $T_{заст.}$ для образца №1 «Семилужки»

Расчет по методу прогнозирования температуры вспышки от цетанового числа

Формула, корректировка свободного члена фракции дизельного топлива с добавлением депрессорно-диспергирующей присадки:

$$T_{\text{всп}} = 0,675 \cdot A + 8,6$$

Таблица 18 – С добавлением присадок для образца №1 «Семилужки»

№	C _{масс} , %	T _{всп} ^{эксп.}	T _{всп} ^{расч.}	ΔT	Погрешность δ, %
Присадка №1 - Keroflux 3614					
1	0,02	42,0	41,35	0,65	1,5
2	0,05	43,5	42,40	1,1	2,5
3	0,08	44,0	43,03	0,97	2,2
4	0,1	45,5	43,03	2,47	5,4
5	1,00	46,0	44,36	1,64	3,6
Присадка №2 – Dodiflow 5416					
1	0,02	43,0	42,68	0,32	0,7
2	0,05	44,0	43,34	0,66	1,5
3	0,08	44,5	43,34	1,16	2,6
4	0,1	45,0	44,05	0,95	2,1
5	1,00	47,0	45,27	1,73	3,7

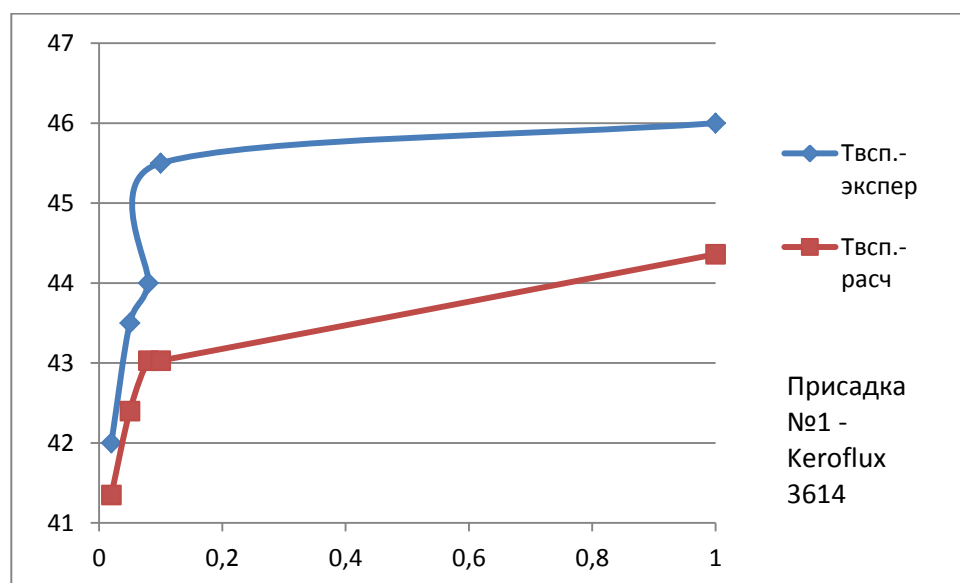


Рисунок 11 – Сравнение T_{всп.} для образца №1 «Семилужки»

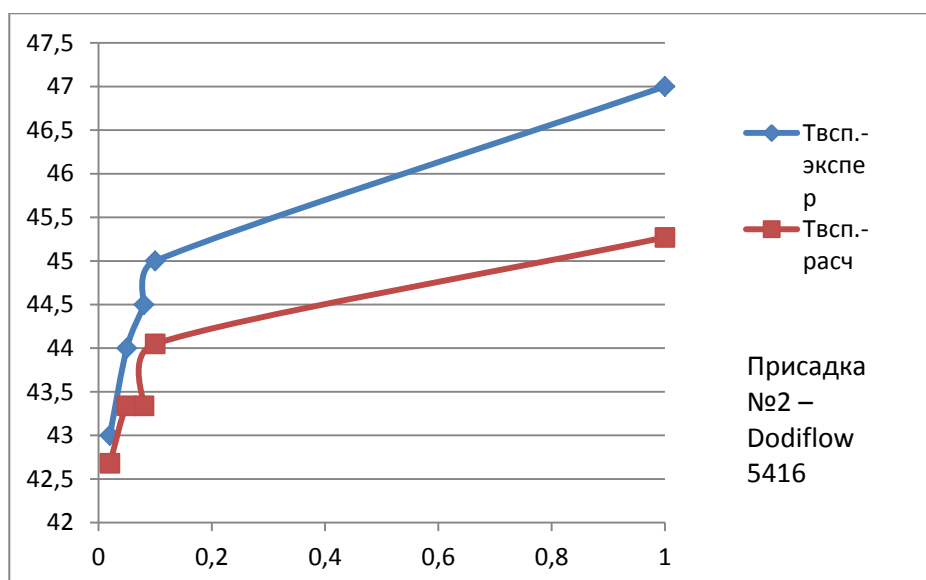


Рисунок 12 – Сравнение $T_{всп.}$ для образца №1 «Семилужки»

Метод прогнозирования температуры вспышки от 10% отгона по ASTM

Формула, корректировка свободного члена фракции дизельного топлива выглядит:

$$T_f = -130,32 + 0,70704 \cdot T$$

Таблица 19 – С добавлением присадок для образца №1 «Семилужки»

$C_{масс}, \%$	$T_{всп.}^{эксп.}$	$T_{всп.}^{расч.}, ^\circ F$	$T_{всп.}^{расч.}, ^\circ C$	Разгонка по ASTM, $\frac{^\circ C}{^\circ F}$	ΔT	Погрешность $\delta, \%$
Присадка №1 - Keroflux 3614						
0,02	42,0	95,93	35,51	166/330,8	6,49	15,4
0,05	43,5	99,75	37,63	160/320	5,87	13,5
0,08	44,0	105,60	39,75	166/330,8	4,25	9,7
0,1	45,5	104,84	40,46	165/329	5,04	11,08
1,00	46,0	108,65	42,58	167/332,6	3,42	7,4
Присадка №2 – Dodiflow 5416						
0,02	43,0	98,45	36,74	170/338	6,26	14,5
0,05	44,0	103,58	38,25	163/325,4	5,75	13,1
0,08	44,5	101,24	39,6	160/320	4,9	11,0

0,1	45,0	108,21	41,32	159/318,2	3,68	8,2
1,00	47,0	103,05	43,55	166/330,8	3,45	7,3

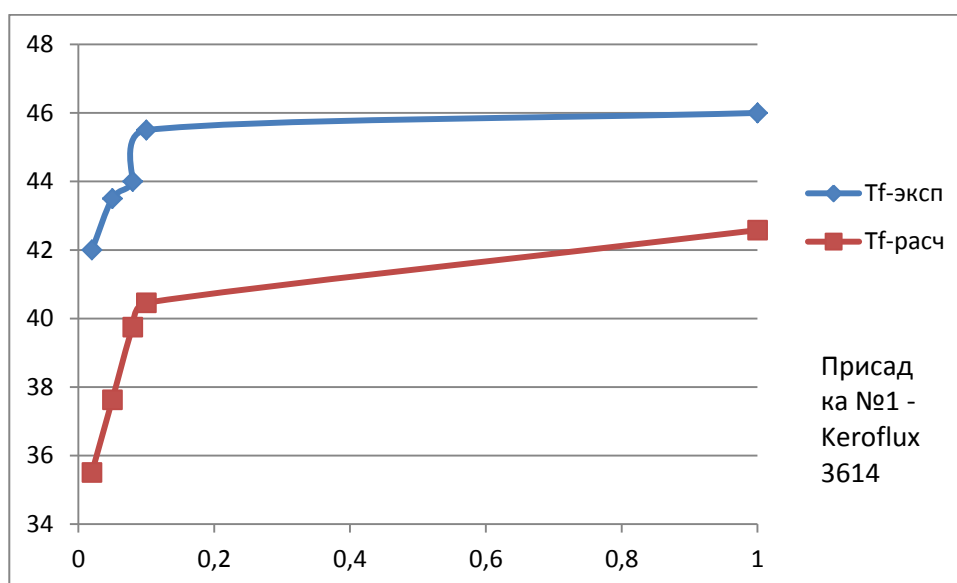


Рисунок 13 – Сравнение $T_{всп.}$ для образца №1 «Семилужки»

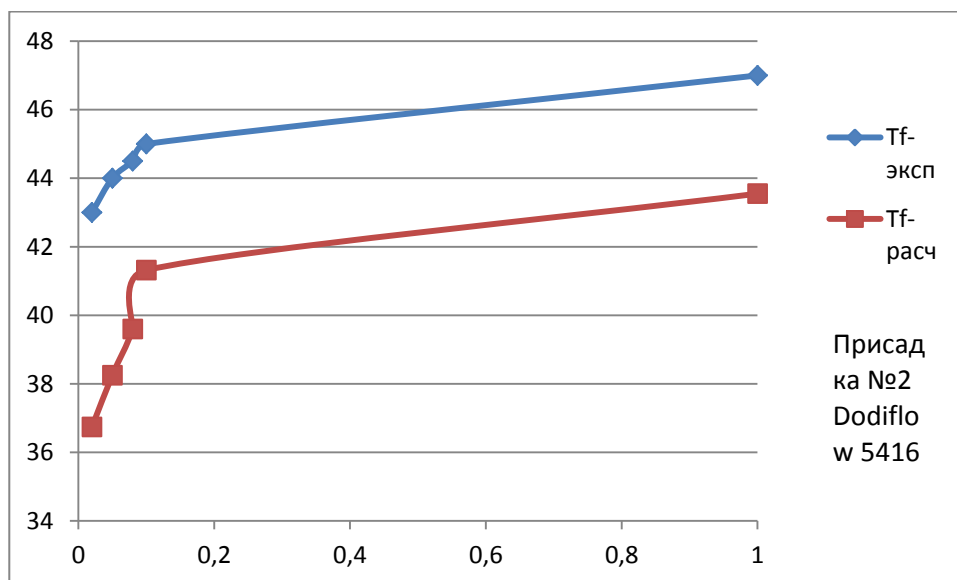


Рисунок 14 – Сравнение $T_{всп.}$ для образца №1 «Семилужки»

Расчетная формула температуры помутнения выглядит следующим образом:

$$y = -2065306,36 + 10965,16 \cdot x_1 + 7751,11 \cdot x_2 + 2460,11 \cdot x_3 - 41,17 \cdot x_1 \cdot x_2 - 13,06 \cdot x_1 \cdot x_3 - 9,23 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,049 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

где x_1 - $T_{10\%}, ^\circ\text{C}$; x_2 - $T_{50\%}, ^\circ\text{C}$; x_3 - $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Таблица 20 – С добавлением присадок для образца №1 «Семилужки»

№	$C_{\text{масс}}, \%$	$T_{\text{эксп. помут.}}$	$T_{\text{расч. помут.}}$	ΔT	Погрешность $\delta, \%$
Присадка №1 - Keroflux 3614					
1	0,02	-24,0	-19,33	4,67	19,5
2	0,05	-24,0	-19,67	4,33	18,0
3	0,08	-24,0	-21,14	2,86	11,9
4	0,1	-24,0	-22,72	1,28	5,3
5	1,00	-24,0	-22,45	1,55	6,5
Присадка №2 – Dodiflow 5416					
1	0,02	-24,0	-18,58	5,42	22,6
2	0,05	-24,0	-19,44	4,56	19
3	0,08	-24,0	-20,54	3,46	14,4
4	0,1	-24,5	-19,92	4,58	18,7
5	1,00	-24,5	-22,37	2,13	8,7

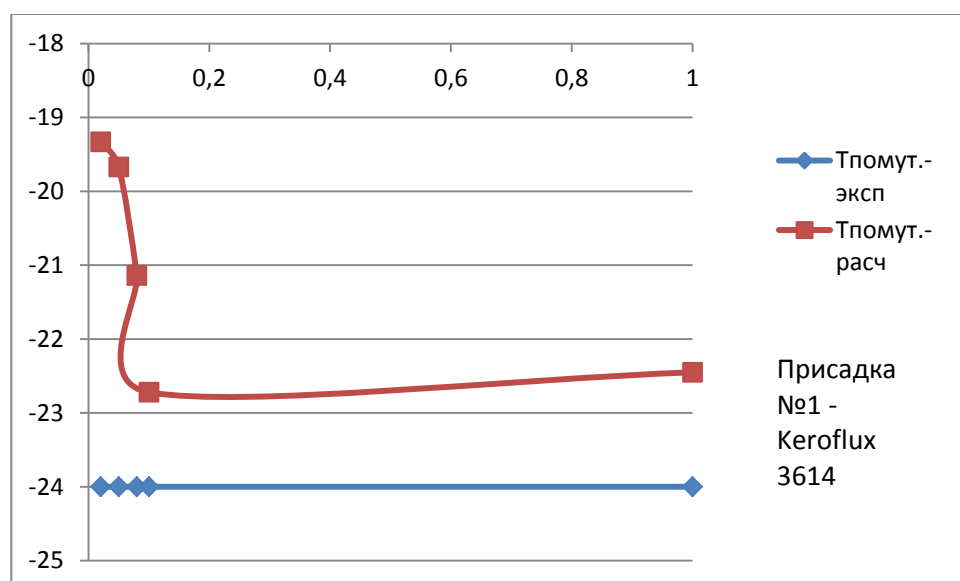


Рисунок 15 – Сравнение $T_{\text{помут.}}$ для образца №1 «Семилужки»

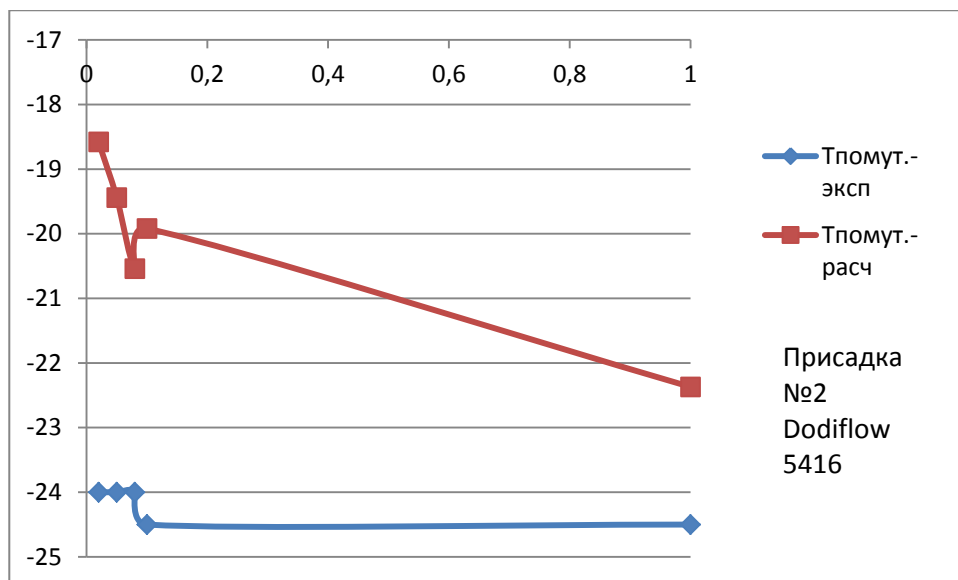


Рисунок 16 – Сравнение $T_{\text{помут.}}$ для образца №1 «Семилужки»

4.4 Проектирование узла смешения

4.4.1 Разработка математической модели в среде HYSYS

Таблица 21 – Исходные данные

Расход прямогонного дистиллята – 200тыс.т./год
Содержание присадок 0,1-0,5 %масс.
Расход сырья 20 т/час.

С помощью моделирующей программы Aspen HYSYS были получены следующие параметры:

Таблица 22 – Свойства присадки

№	Состав присадки	Формула	Молярная масса М, г/моль	Массовая доля	Мольная доля
1	Гептанон-3	$C_7H_{14}O$	114,2	0,17	0,17

2	Бутилбутионат	$C_8H_{16}O_2$	144,2	0,20	0,16
3	2,3,5-триметилгептан	$C_{10}H_{22}$	142,3	0,23	0,19
4	2-этилгексанол-1	$C_8H_{18}O$	130,2	0,15	0,13
5	2-метилпропанол-1	$C_4H_{10}O$	74,12	0,12	0,19
6	Метилциклогексан	C_7H_{14}	98,19	0,13	0,16
7	Присадка		116,5	1	1

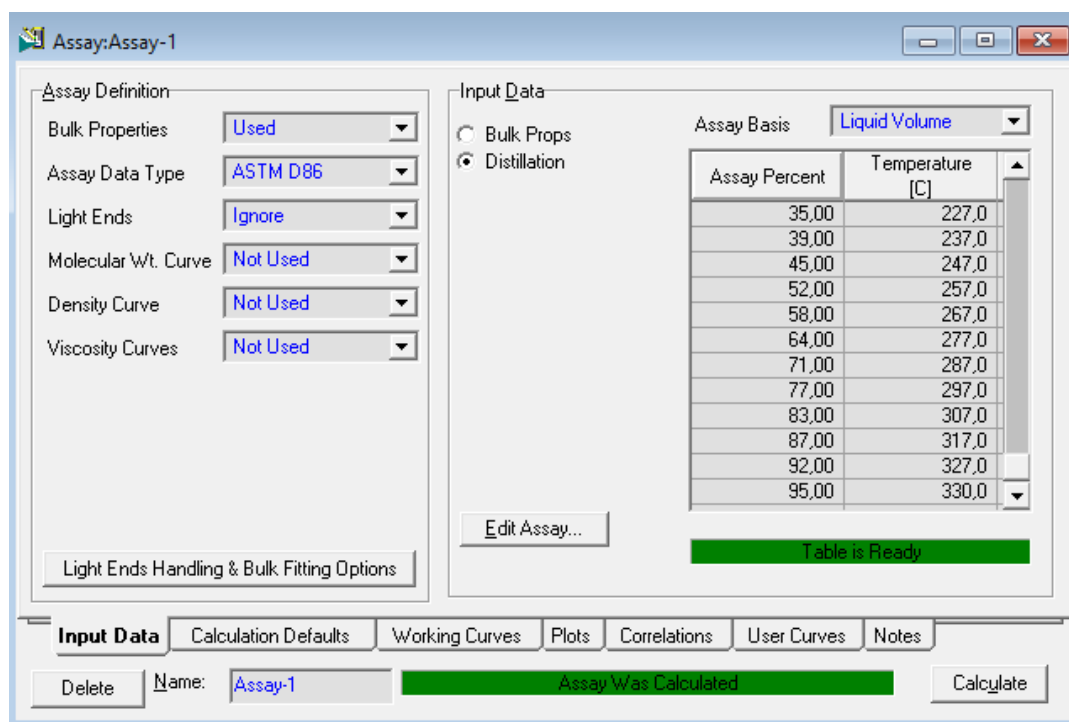


Рисунок 17 – Исходные данные в среде HYSYS

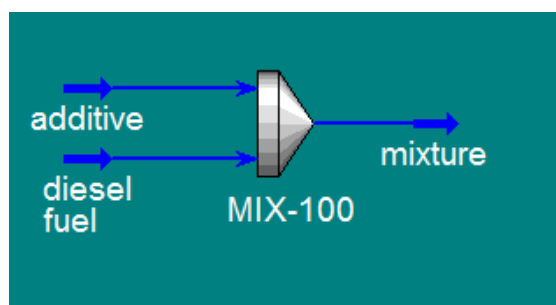


Рисунок 18 – Окно PFD в среде HYSYS

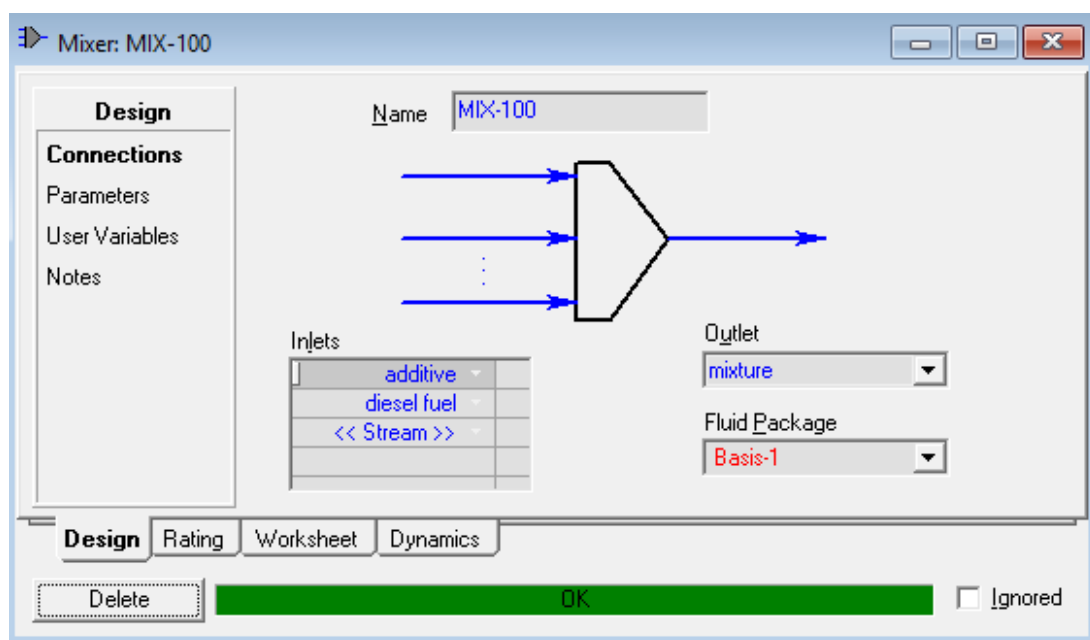


Рисунок 19 – Окно потоков в среде HYSYS

Таблица 23 – Основные свойства потоков

Наименование	Дизельная фракция	Присадка	Смесь на выходе
М, г/моль	194	116,5	193,3
ρ , кг/м ³	808,1	771,1	808
μ , Па·с	0,00186	0,0008	0,00185
ν , мм ² /с	2,302	1,037	2,29
C_p , кДж/(кг·°C)	365,8	256,1	364,8
T, °C	40	40	40
P, кПа	100	100	100

MIXER - Aspen HYSYS V7.3 - aspenONE - [Material Stream: mixture]

File Edit Simulation Flowsheet Tools Window Help

Worksheet

- Conditions
- Properties
- Composition
- Oil & Gas Feed
- Petroleum Assay
- K Value
- User Variables
- Notes
- Cost Parameters
- Normalized Yield:

	Mole Fractions	Liquid Phase
3Heptanone	0,0014	0,0014
n-B-C4oate	0,0013	0,0013
235-Mheptane	0,0016	0,0016
2-E-1-C6ol	0,0011	0,0011
i-Butanol	0,0016	0,0016
Mcyclohexane	0,0013	0,0013
NBP[0]111*	0,0118	0,0118
NBP[0]126*	0,0133	0,0133
NBP[0]140*	0,0245	0,0245
NBP[0]156*	0,0455	0,0455
NBP[0]169*	0,0858	0,0858
NBP[0]182*	0,1040	0,1040
NBP[0]196*	0,0860	0,0860
NBP[0]210*	0,0558	0,0558
NBP[0]225*	0,0471	0,0471
NBP[0]240*	0,0617	0,0617
NBP[0]253*	0,0765	0,0765
NBP[0]268*	0,0615	0,0615
NBP[0]282*	0,0634	0,0634
NBP[0]296*	0,0640	0,0640
NBP[0]310*	0,0557	0,0557
NBP[0]325*	0,0411	0,0411
NBP[0]340*	0,0575	0,0575
NBP[0]352*	0,0243	0,0243
NBP[0]368*	0,0121	0,0121

Рисунок 20 – Окно состава смеси в среде HYSYS

Mixer: MIX-100

Worksheet

- Conditions
- Properties
- Composition
- PF Specs

Name	additive	diesel fuel	mixture
Vapour	0,0000	0,0000	0,0000
Temperature [C]	40,00	40,00	40,00
Pressure [kPa]	100,0	100,0	100,0
Molar Flow [kgmole/h]	0,9806	117,1	118,1
Mass Flow [kg/h]	114,2	2,272e+004	2,283e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	0,1468	27,51	27,66
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-3,577e+005	-4,026e+005	-4,022e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	189,6	240,5	240,5
Heat Flow [kJ/h]	-3,507e+005	-4,715e+007	-4,750e+007

Design Rating **Worksheet** Dynamics

Delete OK ☐ Ignored

Рисунок 21 – Окно условий процесса смешения в среде HYSYS

4.4.2 Конструктивные и механические расчеты

Подбор смесителя

По расчетным данным выбираем смеситель статический трубный:

Таблица 24 – Смеситель статический трубный [26]

Наименование	Производительность, м3/ч	Диаметр, мм	Длина, мм	Ввод реагента	Масса, кг
СМТ 100-1120	30	220	1120	1/2"	22,1

Смеситель устанавливается непосредственно на трубопровод исходной воды. Реагент подается в смеситель через патрубок перпендикулярно основному потоку обрабатываемой воды.

Эффект смешения достигается за счет многократного деления и направленного закручивания потока на турбулизирующих элементах при движении потока внутри аппарата.

Время смешения – 0,8-1,2 сек.

Потери напора – 2,5-3,5 м (0,25-0,35 бар) [26].

Объем смесителя:

$$V = L \cdot F = L \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1,12 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,22^2}{4} = 0,043 \text{ м}^3$$

Выбор насадки:

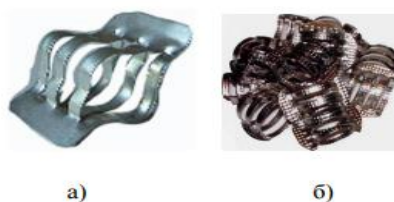


Рисунок 22 – Элемент насадки «Инжехим-2000»:

а) с гладкой поверхностью;

б) с шероховатой поверхностью

Насадка изготавливается из листа или ленты из нержавеющей или углеродистой стали толщиной от 0,3 до 1 мм, способна работать с загрязненными средами [27].

Таблица 25 – Основные характеристики [27]

Размер элемента D, мм	35
Толщина материала, мм	0,5
Количество элементов в м ³ , шт.	18750
Удельная поверхность, м ² /м ³	107,4
Свободный объем, м ³ /м ³	0,974
Эквивалентный диаметр, мм	36,3

Расчет толщины обечайки

Материал обечайки и днищ выберем сталь 09Г2С (ГОСТ 5520-79). Данная сталь характеризуется высокой коррозионной стойкостью. При работе элементов химической аппаратуры в условиях любых отрицательных температур за расчетную температуру принимают 20 °С.

Расчет толщины обечайки проводят в соответствии с ГОСТ 14249-80.

Исполнительную толщину тонкостенной гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитываем по формуле:

$$s \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c \quad (16)$$

Причем для обечайки $D \geq 200$ мм должно соблюдаться условие:

$$(s - c) / D \leq 0,1. \quad (17)$$

Суммарную прибавку к номинальной расчетной толщине стенки определяем по формуле:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (18)$$

где C_1 - прибавка на коррозию (1мм), C_2 – прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, примем 0,7 мм, C_3 – технологическая прибавка, примем 0,5 мм.

$$c = 1 + 0,7 + 0,5 = 2,3 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение для выбранного материала сталь марки 09Г2С рассчитывает по следующей формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (19)$$

где $\eta = 0,9$ – коэффициент для взрывоопасных и пожароопасных сред; $\sigma^* = 183$ МПа – допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 20 °С.

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 183 = 164,7 \text{ МПа}$$

$\varphi = 0,9$ – коэффициент прочности сварных швов: стыковых, выполненных автоматической или полуавтоматической сваркой с одной стороны, с флюсовой или керамической подкладкой, при контроле 100 % длины шва [28].

Толщину стенки обечайки рассчитываем по формуле:

$$S \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c = \frac{0,1 \cdot 0,22}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 - 0,1} + 0,0023 = 0,0024 \text{ м} \quad (20)$$

Примем толщину стенки обечайки равной 4 мм.

$$\text{Проверка условия: } \frac{4-2,3}{220} = 0,0077 \leq 0,1.$$

Допускаемое давление в обечайке определяем по формуле:

$$P_d = \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi (s - c_k)}{D_B + (s - c_k)} = \frac{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 (4 - 1)}{220 + (4 - 1)} = 3,9 \text{ МПа} \quad (21)$$

Входная камера

Диаметр входной камеры примем равным диаметру смесителя: 220 мм.

Длину примем равной 400 мм. Фланцы:

Таблица 26 – Конструктивные размеры фланца [29]

D _y	d _н	D _ф	D _б	D ₁	Болты		Тип фланцев – 1	
					d _б	z	ГОСТ 1255-67	
							h, мм	Масса, кг
мм								
225	245	340	305	282	M16	8	17	5,93

Рассчитаем условный проход штуцера для ввода потока присадки во входную камеру смесителя. Данные для расчета возьмем из материального и теплового балансов. Скорость потока в штуцере примем равной 2 м/с. Расход присадки выразим в кг/с.

Известна плотность присадки при 20°С:

$$\rho^{20} = 771,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Температура присадки $t=40^\circ\text{C}$.

$$\rho_4^{40} = \rho_4^{20} - \alpha(40 - 20),$$

где α – температурная поправка на 1°C, $\alpha=0,000962$.

$$\rho_4^{40} = 0,7766 - 0,000962(40 - 20) = 0,7574.$$

Или

$$\rho^{40} = 752,27 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Тогда:

$$d_{\text{см}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{п}}}{\pi \cdot \omega_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{см}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,032}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 752,27}} = 0,012 \text{ м} = 12 \text{ мм}.$$

Рассчитанный диаметр округляем до ближайшего большего значения:

$$d = 15 \text{ мм}.$$

Размеры фланца приведены в таблице 27. Подберем фланцы по ГОСТ 1255-67 . На рисунке 23 представлен тип штуцера [29].

Для P_y 1 – 10 кгс/см²

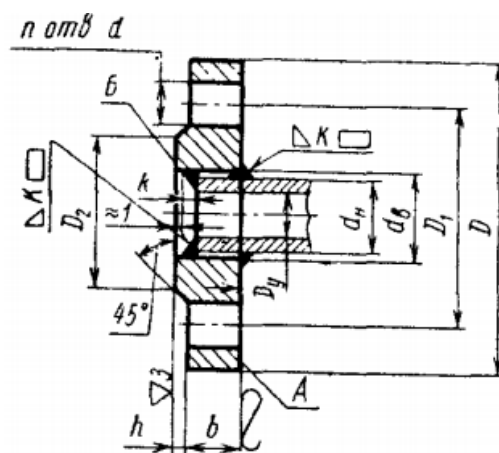


Рисунок 23 - Штуцер

Таблица 27 – Конструктивные размеры штуцеров [29]

D _y	d _н	D _ф	D _б	D ₁	Болты		Тип фланцев – 1	
					d _б	z	ГОСТ 1255-67	
мм								h, мм
15	18	80	55	40	M12	4	8	0,29

Расчет опор аппарата

Масса смеси в смесителе будет равна:

$$M_{\text{ж}} = p_{\text{см}} \cdot V = 808 \cdot 0,043 = 34,7 \text{ кг} \quad (22)$$

Масса корпуса:

$$M_{\text{кор}} = L \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho_{\text{стали}} = 1,12 \cdot 3,14 \cdot 0,22 \cdot 0,004 \cdot 7860 = 24,3 \text{ кг}$$

Масса насадки: $M_{\text{н}} = (1 - \varepsilon_{\text{св}}) \cdot L \cdot 0,785 \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot \rho_{\text{ст}} = (1 - 0,974) \cdot 1,12 \cdot 0,785 \cdot 0,22^2 \cdot 7900 = 8,7 \text{ кг}$

Общая масса аппарата с добавкой на другие детали 30% равна:

$$M = 1,3(M_{\text{ф}} + M_{\text{кор}} + M_{\text{ж}} + M_{\text{н}}) \quad (23)$$

$$M = 1,3 \cdot (6,22 + 24,3 + 34,7 + 8,7) = 96,1 \text{ кг}$$

Тогда вес аппарата равен 942,4 Н. Примем количество опор равное 2, следовательно, на каждую опору нагрузка равна 471,2 Н или 0,4712 кН.

По [табл. 29.10, с.680, 30] определены основные требования к опорам цилиндрических аппаратов горизонтального расположения с учетом наличия теплоизоляционных материалов. Опора (лапа) выбирается исходя из допускаемой нагрузки на одну лапу.

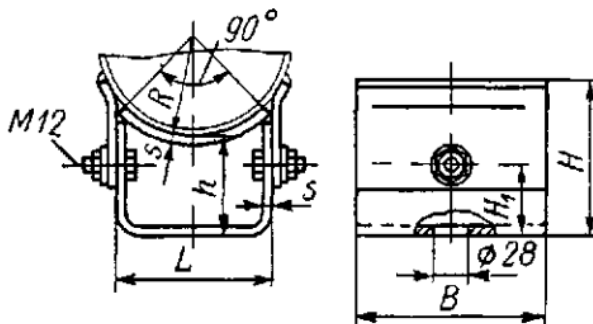


Рисунок 24 – Опора

Таблица 28 – Параметры и размеры опор [30]

D_{H}	L	B	H	H_1	h	R	s	Macca,
MM								кг
159	125	150	120	55	75	80	8	5.18

4.5 Обсуждение результатов

1. Выполнены эксперименты на основные эксплуатационные свойства прямогонных дизельных дистиллятов как с применением депрессорно-диспергирующих модификаторов, так и без них.
2. Выполнен поиск и анализ расчетных формул.
3. Определены формулы, адекватно описывающие и прогнозирующие эксплуатационные характеристики дизельных топлив.
4. Разработана модель статического смесителя для смешения прямогонных фракций с присадками с целью получению однородных высококачественных товарных дизельных топлив.
5. Выполнены конструкционные и механические расчеты аппарата процесса компаундирования.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Предпроектный анализ

Потенциальные потребители результатов исследования

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

Продукт – дизельные топлива с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка: предприятия нефтехимической отрасли.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области получения и исследования дизельных топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами с применением присадок можно отнести: ООО «Томский НПЗ» (Томская область), АО «Газпромнефть-ОНПЗ» (Омская область).

В табл. 29 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства дизельного топлива.

Таблица 29 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес кри-	Баллы	Конкуренто- способность
------------------------	-----------------	--------------	------------------------------------

	те- рия	Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производи- тельности труда пользователя	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	3	4	5	0,21	0,28	0,35
3. Помехоустойчивость	0,05	5	4	5	0,25	0,20	0,25
4. Энергоэкономичность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
5. Надежность	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
6. Уровень шума	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
7. Безопасность	0,03	3	4	4	0,09	0,12	0,12
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
9. Функциональная мощность (предоставляемые возмож- ности)	0,07	4	4	3	0,28	0,28	0,21
10. Простота эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
11.Качество интеллекту- ального интерфейса	0,07	4	3	2	0,28	0,21	0,14
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	3	3	4	0,09	0,09	0,12
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	4	5	0,30	0,24	0,30
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20

3. Цена	0,04	5	5	4	0,20	0,20	0,16
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	5	0,12	0,15	0,15
5. Послепродажное обслуживание	0,03	4	4	3	0,12	0,12	0,09
6. Финансирование научной разработки	0,02	4	3	5	0,08	0,06	0,10
7. Срок выхода на рынок	0,02	4	5	4	0,08	0,10	0,08
8. Наличие сертификации разработки	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
Итого	1	82	78	79	4,12	3,88	3,86

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (24)$$

где K – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

K конкурентным преимуществам производимого продукта, можно отнести: высокое качество продукта, простота эксплуатации, высокую конкурентоспособность продукта и уровень проникновения на рынок. Эти качества помогут завоевать доверие покупателей путем предложения товара высокого качества со стандартным набором определяющих его параметров.

SWOT-анализ

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

Таблица 30 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1.Экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экспрессность С3. Актуальность промышленной технологии С4.Квалифицированный персонал С5.Мобильность рабочего места	Сл1.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания Сл2.Отсутствие инжиниринговой услуги, способной обучить работать в рамках проекта Сл3.Необходимость в новой информации, материалов и комплектующих, используемых в проекте
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3.Повышение стоимости конкурентных разработок	С и В: 1.Контроль качества продукта в режиме реального времени, что особо актуально в ситуации изменения качества сырья 2.Анализ позволяет определить дальнейшую направленность	Сл и В: 1.Приобретение нового оборудования 2.Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3.Привлечение новых интеллектуальных

	разработки улучшенных эксплуатационных свойств дизельного топлива 3. Невысокая затратность проекта может привлечь больше исполнителей	ресурсов
Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологий производства У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У3. Исчерпание природных ресурсов У4. Переход на альтернативное топливо	С и У: 1. Создание конкурентных преимуществ готового продукта 2. Сертификация и стандартизация продукта 3. Продвижение программы с целью создания спроса 4. Применение технологии к альтернативным топливам	Сл и У: 1. Приобретение необходимого оборудования 2. Привлечение новых интеллектуальных ресурсов 3. Продвижение программы с целью создания спроса 4. Сертификация и стандартизация продукта 5. Создание конкурентных преимуществ готового продукта

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 31.

Таблица 31 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследования	Руководитель
	3	Поиск и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Инженер
	6	Проведение экспериментов	Инженер, Магистрант
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение полученных результатов	8	Определение целесообразности проведения	Инженер

тов, выводы по проделанной работе		ОКР	
	9	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель
Проведение ОКР			Инженер
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации и оформление социальной ответственности	Инженер
	11	Выбор и расчет конструкции	Инженер
	12	Расчет и оформление экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Инженер
	14	Сдача работы на рецензию	Инженер
	15	Предзащита	Инженер
	16	Подготовка к защите дипломной работы	Инженер
	17	Защита дипломной работы	Инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (25)$$

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.;

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

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (26)$$

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

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

Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются отрезками во времени, 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (27)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (28)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения указаны в таблице 32.

Таблица 32 - Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
		t_{mini} чел - дни	t_{maxi} чел - дни	$t_{\text{ожи}}$ чел - дни			
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1	Р	1	2
2	Выбор направления исследования	1	2	1	Р	1	2
3	Подбор и изучение материалов по теме	20	50	32	И	32	47
4	Календарное планирование работ по теме	1	4	2	Р, И	1	2

5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	3	9	5	Р, И	3	4
6	Проведение экспериментов	14	30	20	И, М	10	15
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	7	5	И	5	7
8	Определение целесообразности проведения ОКР	1	3	2	И	2	3
9	Оценка эффективности проведенных исследований	2	5	3	Р	3	4
10	Сбор информации и оформление социальной ответственности	2	6	4	И	4	6
11	Выбор и расчет конструкции	5	12	8	И	8	12
12	Расчет и оформление экономической части работы	3	7	5	И	5	7
13	Составление пояснительной записки	2	5	3	И	3	4
14	Сдача работы на рецензию	1	2	1	И	1	2
15	Предзащита	1	2	1	И	1	2
16	Подготовка к защите дипломной работы	1	7	4	И	4	6
17	Защита дипломной работы	1	1	1	И	1	2

Р - Руководитель, И – Инженер, М – Магистрант.

На основе табл. 32 построен календарный план-график (табл.33) по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 33 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работы	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	Р	2														
2	Выбор направления исследования	Р	2														
3	Подбор и изучение материалов по теме	И	47														
4	Календарное планирование работ по теме	Р, И	2														
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Р, И	4														
6	Проведение экспериментов	И, М	15														
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиям и	И	7														
8	Определение целесообразности проведения ОКР	И	3														
9	Оценка эффективности проведенных исследований	Р	4														
10	Сбор	И	6														

	информации и оформление социальной ответственности																
11	Выбор и расчет конструкции	И	12														
12	Расчет и оформление экономической части работы	И	7														
13	Составление пояснительной записки	И	4														
14	Сдача работы на рецензию	И	2														
15	Предзащита	И	2														
16	Подготовка к защите дипломной работы	И	6														
17	Защита дипломной работы	И	2														

Р - Руководитель, И – Инженер, М – Магистрант.



- магистрант



– руководитель



– инженер

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;

- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (29)$$

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, m^2 и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 34.

Таблица 34 – Материальные затраты на сырье

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерения	Расход	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	Дизельный дистиллят прямогонный	л	1,5	5,3	8
2	Анилин	л	0,1	1300	130
3	Спирт этиловый	л	0,5	170	85
4	Силикагель	кг	0,25	1150	288
5	Глицерин	л	0,5	640	320
6	Цетаноповышающая присадка	л	0,3	300	90

Итого:		921
--------	--	-----

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 35.

Таблица 35 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Аналитические весы	1	15000	15000
2	Электрическая плитка	1	1400	1400
3	Сушильный шкаф	1	13000	13000
4	Термометр	2	500	1000
5	Промывалка	1	120	120
6	Термостат водяной	1	17000	17000
7	Пикнометр стеклянный	2	480	960
8	Колонка стеклянная	2	1200	2400
9	Пробирка 10 мл	10	20	200
10	Пробирка 50 мл	1	30	30
11	Пипетка градуированная 1 мл	2	145	290
12	Мерный цилиндр 100 мл	2	480	960

13	Мерный стакан 100 мл	2	77	154
14	Колба круглодонная 250 мл	1	330	330
15	Шприц	2	25	50
16	Мерный стакан 50 мл	2	70	140
Итого:				53034

5.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (30)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (31)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (32)$$

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 36 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Магистрант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	104	104	104
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	40	48
- невыходы по болезни	0	6	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	201	199

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (33)$$

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

$k_{пр}$ – 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, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 37 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,86	0,3	0,5	1,3	54439,77	2845,09	8,89	25292,85
Инженер	2221,25	0	0,3	1,3	3753,91	194,23	61,73	11989,82
Магистрант	2066,33	0,3	0,5	1,3	7722,33	403,58	5,12	3300,14
Итого $Z_{осн}$								40582,81

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (34)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (примем равным 0,12).

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (35)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным 0,271.

На 2016 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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 38 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	25292,85	3111,58
Инженер	11989,82	1438,78
Магистрант	3300,14	396,02
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого: 45529,19		

Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (36)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 39 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
	Исп.1
1. Материальные затраты НТИ	921
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	53034
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40582,81
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4946,38
5. Отчисления во внебюджетные фонды	45529,19
6. Накладные расходы	12969,87
7. Бюджет затрат НТИ	174122,3

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (37)$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (38)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения [31].

Таблица 40 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Удобство в эксплуатации	0,04	5
2. Экономичность	0,1	5
3. Надежность	0,06	5
4. Безопасность	0,1	5
5. Экологичность	0,1	5
6. Функциональная мощность	0,05	5
7. Простота эксплуатации	0,05	5
8. Возможность внедрения в промышленность	0,1	4
9. Конкурентоспособность продукта	0,05	5
10. Уровень проникновения на рынок	0,05	3
11. Цена	0,1	4
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5
13. Послепродажное обслуживание	0,05	5
14. Финансирование научной разработки	0,1	3
ИТОГО	1	4,5

$$I_{p-ucn1} = 0,04*5 + 0,1*5 + 0,06*5 + 0,1*5 + 0,1*5 + 0,05*5 + 0,05*5 + 0,1*4 + 0,05*5 + 0,05*3 + 0,1*4 + 0,05*5 + 0,05*5 + 0,1*3 = 4,5$$

6 Социальная ответственность

Работа на химических производствах – это, несомненно, риск. Это связано с тем, что на них применяются ядовитые, едкие, взрыво- и пожароопасные вещества, кроме того многие процессы необходимо вести при повышенных температурах и давлении. Но при грамотной и осторожной работе этот риск сводится к минимуму. Во многих химических производствах существует возможность аварий, пожаров, отравлений, предотвращение которых связано со строгим соблюдением норм и правил охраны труда.

Совершенствование законодательной и нормативной правовой базы, системы социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также повышения роли экспертизы условий труда в целях создания безопасных условий труда, разработки и внедрения безопасных техники и технологий.

Целью проектирования экологической безопасности является обеспечение надежной и безопасной работы производства, включая аварийные ситуации, и разработку системы мер, позволяющих максимально снизить или полностью исключить возможность угрозы для жизни и здоровья человека, и окружающей среды.

6.1 Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды

В процессе трудовой деятельности человек подвергается воздействию вредных и опасных факторов. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Воздушная среда в помещении лаборатории может загрязняться производственной пылью и различными газообразными выбросами. Для характеристики вредности различного вида загрязнения воздуха используют значения предельно-допустимой концентрации (ПДК). Соблюдение санитарных правил является обязательным для граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц. Принята следующая трактовка ПДК: ПДК – это такая концентрация, которая при восьми часовом рабочем дне не вызывает изменений в организме человека в течение всей жизни. Класс опасности вещества определяется по таблице ПДК по ГН 2.2.5.1313-03 [32].

В лаборатории используются следующие вещества:

Таблица 41 – Сведения о токсичности веществ

Наименование вещества	ПДК паров в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ ГОСТ 12.1.005-88 [33]	Класс опасности ГОСТ 12.1.007-76 [34]	Воздействие на человека
1	2	3	4
Топливо дизельное: марки Л марки З марки А	300	4	Токсичное, раздражает слизистую оболочку и кожу человека, вызывает тяжелое отравление. В случае отравления, вызванном вдыханием небольших концентраций паров топлива, наблюдаются симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию: психическое возбуждение, эйфория, головокружение, тошнота, слабость, рвота, покраснение кожных покровов, учащение пульса. В тяжелых случаях могут наблюдаться галлюцинации, обморочные состояния, судороги, повышенная температура.
Спирт этиловый	1000	4	Возникают стойкие психические расстройства, наблюдается частичная потеря памяти. Холодная липкая кожа, гиперемия лица, снижение температуры тела, рвота.
Ацетон	200	4	Состояние опьянения, головокружение, тошнота, боль в животе, обмороки, раздражения носоглотки. При отравлении парами ацетона у человека наблюдаются раздражения слизистых оболочек,

			первыми из которых страдают глаза, приобретающие неестественный красный цвет.
--	--	--	---

Продолжение таблицы 41

Гептан	100	4	Токсичен, обладает наркотическим действием, при попадании на кожу приводит к дерматиту, экземе.
Метил-циклогексан	50	4	Сильное токсическое действие, воздействие на кожу, раздражение слизистых оболочек.
Аммиак	20	4	Раздражает верхние дыхательные пути, возбуждает нервную систему, вызывают химические ожоги кожи.
Уксусная кислота	5	3	При отравлении парами кислот возникает раздражение и ожог глаз, слизистых оболочек носоглотки, гортани, носовые кровотечения, боль в горле, охриплость голоса из-за спазма голосовой щели. При этом особенно опасны отеки гортани и легких. При попадании кислоты на кожу возникают химические ожоги, глубина и тяжесть которых определяются концентрацией кислоты и площадью ожога.
Серная кислота	1	2	
Азотная кислота	2	3	
Соляная кислота	5	3	
Едкий натр	0,5	2	Поражаются не только поверхностные ткани (роговица), но и более глубокие. Исходом может быть слепота. Набухание и размягчение кожных покровов, язвы, экземы, раздражение слизистых оболочек дыхательных путей.

Поскольку в химической лаборатории предприятия проводят испытания с использованием вредных веществ, которые влияют на здоровье работников, то при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать следующие требования к технике безопасности [34]:

1. При работе с химическими веществами и реактивами в лаборатории должны находиться не менее двух сотрудников.
2. Приступая к работе, сотрудники должны проверить и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных предметов.

3. Перед выполнением работы проверяется исправность оборудования, выключателей, наличие заземления и пр.

4. Работа с едкими и токсичными веществами, а также с органическими растворителями осуществляется только в вытяжных шкафах.

5. Запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, для этой цели использовать резиновую грушу или другие устройства.

6. При определении запаха химических веществ, следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.

7. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также проводят в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

8. При работах в вытяжном шкафу створки шкафа следует поднимать на высоту не более 20 - 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа.

9. При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после завершения работ.

10. Смешивание или разведение химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.

11. При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выброс жидкости.

12. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

13. Ни в коем случае нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

14. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

15. Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

16. При нагревании жидкости в пробирке нужно ее держать отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

Коллективный защитный характер носят работа под вытяжным шкафом, герметизация, вентиляция производственных помещений, отделка помещений особыми материалами, систематическая уборка помещений, медосмотры, профпитание.

Также применяют средства индивидуальной защиты: халат, перчатки, маски, очки, специальная обувь, респираторы, изолирующие противогазы.

6.2 Метеоусловия

Метеорологические условия производственной среды регламентируются санитарными нормами промышленных предприятий СанПиН 2.2.4.548-96.

Чтобы в зимний период рабочие могли обогреться, а в летнее укрыться от зноя и осадков, в помещении создается специальный микроклимат: в теплый период года температура воздуха должна быть 20 - 22 °С, а в холодный период -22 - 24 °С, относительная влажность воздуха – 30 - 60 %, скорость воздуха – 0,2 - 0,7 м/с, хорошее освещение, отопление, удобная для отдыха мебель, светлые тона комнаты способствуют более быстрому восстановлению работоспособности [35].

Широко применяется система кондиционирования для поддержания нормальных условий труда в помещениях лаборатории

(нормальной температуры, влажности и т.п.). Вентиляция в здании приточно-вытяжного типа. Для разбавления вредных паров веществ до допустимого значения ПДК используется приток воздуха. Также по требованию производства есть аварийная вентиляция, включение которой предусмотрено автоматически.

Метеоусловия зависят от физического состояния воздушной среды и характеризуются основными метеорологическими элементами: температурой, влажностью и скоростью движения воздуха, а также тепловым излучением нагретых поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

6.3 Производственное освещение

Одним из важнейших элементов благоприятных условий труда является рациональное освещение помещений и рабочих установок. В лаборатории применяется естественное и искусственное освещение.

Нормирование естественного освещения промышленных зданий сводится к нормированию коэффициента естественного освещения. Согласно СНИП 23-05-95 для работ, выполняемых в лаборатории и относящихся к точным освещенности должен быть не менее 1,5 % [36].

Искусственное освещение нормируется в единицах освещенности – люксах (лк). Выбор освещенности производится в соответствии со СНИП 23-05-95. По санитарным нормам освещенность должна быть 300 лк, при этом используются люминесцентные лампы типа ЛБУ. Они позволяют создать искусственный свет, приближающийся к естественному, по сравнению с другими лампами экологичны и благополучны с генетической точки зрения.

В помещениях, в которых недостаточно естественного света и для освещения помещений и оборудования в темное время суток предусмотрено искусственное освещение. По функциональному назначению искусственное

освещение подразделяется на: рабочее, дежурное и аварийное. Рабочее оборудование оснащено взрывозащитными светильниками типа НОБ-300.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна составлять 300 - 500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях не должен быть больше 20. Яркость лампы общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов [37].

В лаборатории, в которой проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение.

6.4 Шумы и вибрации

В основе шума и вибрации лежит одно физическое явление — машины, аппараты, механические колебания, создаваемые при работе машин и механизмов из-за неуравновешенности вращающихся частей, трения и соударения деталей, больших скоростей движения и пульсации перемещаемых в транспортных магистралях жидкостей и газов, а также при их выбросе в атмосферу и т. п. Практически все технологическое оборудование является

источником шума и вибрации различной интенсивности, а именно, насосы, вентиляционные установки, компрессоры, трансформаторы, электродвигатели и т. п.

Предел слухового восприятия человека составляет 140 дБ; уровень интенсивности в 150 дБ не переносим для человека; 180 дБ вызывает усталость металла; 190 дБ вызывает заклепки из стальных конструкций.

Снижение шума достигается следующими методами:

- уменьшение шума и вибрации в источнике их образований;
- изоляция источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; архитектурно-планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение оборудования, машин и механизмов;
- применение средств индивидуальной защиты согласно техническому регламенту о безопасности средств индивидуальной защиты [38].

Физически вибрация характеризуется частотой, амплитудой, скоростью и ускорением. Пороговое ощущение вибрации возникает у человека, когда ускорение вибрации достигает 1% от нормального ускорения силы тяжести, а неприятное, болезненное ощущение – при достижении ускорения 4-5% от нормального.

Основные мероприятия по борьбе с вибрацией:

1. виброизоляция – применение пружинных, резиновых и др. амортизаторов или упругих прокладок;
2. правильная организация труда и отдыха;
3. применение динамических виброгасителей;
4. жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы;
5. применение средств индивидуальной защиты [38].

В качестве *средств индивидуальной защиты* работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготовляют из упругодемпфирующих материалов.

Регламентируемые перерывы продолжительностью 20 – 30 минут, являющиеся составной частью режимов труда, устанавливаются через 1 – 2 часа после начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

6.5 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды

Термическая опасность

Термический ожог – это ожог, который получен при контакте с жидким, твердым или газообразным источником тепла. Такими источниками тепла могут быть раскаленные тела, пар, пламя, горячие жидкости.

В лаборатории используются приборы, которые имеют термическую опасность – сушильный шкаф, электрическая плита, муфельная печь, колбонагреватели, горячие жидкости. Во избежание термических ожогов необходимо избегать прикосновений к наружным поверхностям и дверце, поскольку эти части установок могут иметь повышенную температуру. При извлечении горячих чашек, тиглей необходимо использовать специальные щипцы, рукавицы, обувь, одежду. При расплавлении щелочи и других едких веществ воспользоваться респираторами.

Во избежание поражения электрическим током не прикасаться к поврежденным и неисправным выключателям, штепсельным розеткам, вилкам.

Электробезопасность

В соответствии с ГОСТ 12.2.007-75 «Изделия электротехнические» все действующие на производстве электрооборудования по способу защиты

человека от поражения током подразделяется на 5 классов защиты: 0, 0I, I, II, III. В соответствии с этой классификацией, в качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть приведены следующие: изоляция токоведущих частей, малое напряжение в электрических цепях, защитное заземление, защитное отключение, использование оболочек блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям [39].

Важную роль в обеспечении безопасности персонала имеют **защитные средства и предохранительные приспособления**, к которым относятся: шланги изолирующие; клешни изолирующие и электроизмерительные; указатели напряжения; изолирующие накладки, колпаки и клещи; слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками; временные ограждения; предупредительные плакаты и знаки безопасности; диэлектрические перчатки, боты, галоши, каски, очки в соответствии с техническим регламентом № 1213 [38].

Во взрывоопасных зонах в электроустановках с напряжением до 1000 В применяется заземленная или изолированная нейтраль. В электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью периодически в процессе эксплуатации, но не реже одного раза в месяц, проверяется звуковая сигнализация устройства постоянного контроля, изоляции и целостность пробивного предохранителя.

Для предупреждения возможности накопления разрядов статического электричества предусмотрено заземление оборудования, трубопроводов. Все электрооборудование, пусковая аппаратура, оборудование, трубопроводы, а также все металлические части, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие под таковым оказаться вследствие нарушения изоляции, заземлены присоединением к контуру.

Здания и сооружения подлежат молниезащите в соответствии с СО 153-34.21.122-2003 для зданий и сооружений, отнесенных к 1 категории молниезащиты. В лаборатории предусмотрена защита зданий, оборудования путем присоединения корпусов установок, и приборов к заземляющему устройству и установкой молниеприемников [40].

Пожаровзрывобезопасность

Пожарная опасность на объектах добычи, сбора, транспортировки и подготовки нефти обусловлена наличием горючих легковоспламеняющихся жидкостей и газов.

Лаборатория кафедры топлива относится к невзрывоопасным по степени пожароопасности – к категориям «А» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой несгораемого материала согласно [41].

Повышенная пожарная опасность объектов нефтяной промышленности определена такими **факторами**, как:

- наличие нефтяных паров в воздушной среде производственных помещений и технологических площадок;
- высокая температура и давление нефтепродуктов;
- наличие электроэнергии в электрооборудовании и электроприборах.

Ответственные лица за пожарную безопасность обязаны обеспечить помещения ИЛ первичными средствами пожаротушения согласно нормам.

В качестве *первичных средств* пожаротушения применяются ручные огнетушители, кошма или асбестовое полотно, песок, внутренние пожарные краны.

Средства пожаротушения должны содержаться всегда в исправном и чистом состоянии, они не могут использоваться для других целей, не

связанных с ликвидацией пожара. Первичные средства пожаротушения следует размещать вблизи мест наиболее вероятного их применения (на виду) с обеспечением к ним доступа. При этом целесообразно:

- огнетушители размещать не выше 1,5 м от пола;
- огнетушители устанавливать на подвесном кронштейне так, чтобы инструкции и пиктограммы были обращены наружу и хорошо видны.

Устанавливаемые огнетушители должны быть защищены от:

- возможных повреждений при аварии;
- прямых солнечных лучей;
- повышенной влажности;
- агрессивной среды.

К средствам индивидуальной защиты относятся: противогаз, респираторы, защитные накидки, маски; противопожарное полотно, диэлектрические средства защиты, аптечка.

Не допускается установка огнетушителя вблизи нагревательных приборов, где температура воздуха может превышать 50 °С. Не допускать удары по огнетушителю. По результатам проверки делается отметка в паспорте и «Журнале учета, проверки и состояния огнетушителя».

6.6 Охрана окружающей среды

Существует два подхода к проблеме защиты окружающей среды:

- путем максимально эффективной очистки;
- создать замкнутую безотходную технологическую систему.

Для лаборатории наиболее применим первый путь. Для таких выбросов, как пары органических растворителей существуют следующие методы очистки:

- для первой группы перечисленных веществ – адсорбционные и электрохимические методы. В условиях лаборатории наиболее применим адсорбционный метод; - для второй группы – адсорбционные методы с последующей десорбцией и сжиганием паров (каталитическое сжигание в печах) [42].

Воздействие на атмосферу

Так как в условиях лаборатории выбросы в атмосферу характеризуются незначительным содержанием вредных газов и паров, то можно ограничиться только адсорбцией. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента. В качестве адсорбента наиболее часто используют активированный уголь. Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [42].

Воздействие на гидросферу

Отработанные органические сливы собираются в специальную герметично закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию. Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой [43].

Воздействие на литосферу

Нефтяное загрязнение почв относится к числу наиболее опасных, поскольку оно принципиально изменяет свойства почв. Нефть обволакивает почвенные частицы, в результате почва не смачивается водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания. Частицы почвы слипаются, а сама нефть постепенно переходит в иное состояние, ее фракции

становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу.

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение. Соблюдение всех правил безопасного ведения процесса в лаборатории позволяет избежать несчастных случаев и тяжелых последствий. Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения.

6.7 Защита в чрезвычайных ситуациях

В любой лаборатории всегда существует вероятность возникновения аварийной ситуации. Для ликвидации аварии разрабатываются планы, в которых предусматриваются мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидации аварий.

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии (сигнализация), пути выхода людей из опасных зон, включений аварийной вытяжной вентиляции. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели.

При возникновении пожара обслуживающему персоналу необходимо:

- производство остановить, на щите нажав кнопку “стоп”, что приведет к автоматической отработке программы “стоп”;
- локализовать очаг возгорания, соблюдая все необходимые меры безопасности, сообщить начальнику смены, позвонить по телефону 01;
- тушение электрооборудование и электропроводки осуществляется только после их обесточивания, либо использовать углекислотный огнетушитель.

В аварийных ситуациях, когда атмосфера лаборатории внезапно оказывается зараженной ядовитыми парами или газами, оставаться в помещении для ликвидации последствий аварии только в противогазе, при отключенных нагревательных приборах.

После дезактивации помещение необходимо проветрить. При возникновении пожара необходимо отключить электронагревательные приборы, вентиляцию, убрать огнеопасные вещества в безопасное место, одновременно, по возможности ликвидировать очаг. Все работники лаборатории должны быть обеспечены *средствами индивидуальной защиты*: противогазы, респираторы, маски, изолирующая защитная одежда, аптечка, перчатки, в соответствии с техническим регламентом № 1213 [38]. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [44].

6.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На работах с вредными и опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением или осуществляемых в неблагоприятных условиях, работникам выдаются бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. *Средствами защиты* считаются костюмы изолирующие, средства защиты органов дыхания, ног, рук, головы, лица, глаз, органов слуха, средства защиты от падения с высоты и т.д.

На объекте нефтехимического предприятия необходимо выделять помещения или места для размещения аптечек с медикаментами, носилок, фиксирующих шин и других средств для оказания первой помощи пострадавшим. Участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной и индивидуальной защиты работающих первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения

безопасных условий труда, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и условиями соглашений.

За работу во вредных условиях труда работникам выдается молоко или другие равноценные пищевые продукты. Для этого Минздравсоцразвития России приняты Нормы и условия бесплатной выдачи молока или других равноценных пищевых продуктов работникам, занятым на работах с вредными условиями труда (утв. Постановлением Минтруда России от 31 марта 2003 г. N 13).

Норма выдачи молока составляет 0,5 л за смену независимо от ее продолжительности. Бесплатная выдача молока или других равноценных пищевых продуктов производится работникам в дни фактической занятости на работах, связанных с наличием на рабочем месте производственных факторов, предусмотренных Перечнем вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов (утв. Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.03.2003 N 126) [45].

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

Режим работы, порядок предоставления выходных дней и ежегодных оплачиваемых отпусков определяются по соглашению между работником и работодателем - физическим лицом. При этом продолжительность рабочей недели не может быть больше, а продолжительность ежегодного оплачиваемого отпуска меньше, чем установленные настоящим Кодексом [46].

Заключение

В процессе изучения литературных источников проанализирован механизм действия депрессоров и диспергаторов на низкотемпературные свойства дизельных топлив.

В ходе работы над технико-экономическим обоснованием рассмотрены патенты по различным добавкам и смесителям к топливам.

Исследованы 2 образца дизельного топлива с добавлением депрессорно-диспергирующих присадок Keroflux 3614 и Dodiflow 5416 и без них на основные эксплуатационные показатели.

Изучены методы и приборы экспериментального определения состава и свойств дизельного топлива. Выявлены формулы, адекватно описывающие низкотемпературные свойства.

Данный проект можно считать выгодным. Бюджет затрат НТИ составил 174122,3 рублей.

Список использованных источников

1. Технический регламент таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» ТР ТС 013/2011 (с изменениями на 2 декабря 2015 г.).
2. Курочкин И.М. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Островиков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков// Тамбовский государственный технический университет: 2008. – 21 с.
3. Ранд С.Дж. Анализ нефтепродуктов. Методы, их назначение и определение: пер. с англ. 8-го изд./С.Дж. Ранд и др.; под ред. Е.А. Новикова, Л.Г. Нехамкиной. - ЦОП «Профессия»; Спб.:2012. - 664 с.
4. Буров Е. А. Дисс. ... канд. хим. наук. Москва: Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015. 152 с.
5. Данилов А. М. Применение присадок в топливах. СПб.: Химиздат, 2010. - 368 с.
6. А. М. Данилов. Введение в химмотологию. – Москва, 2003 г.
7. Николаев Е.А. Статические и динамические смесители для компаундирования нефтепродуктов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2011. - №3. – 29-34 с.
8. Чаусов Ф.Ф. Отечественные и статические смесители для непрерывного смешивания жидкостей // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. - №3. – 11-14 с.
9. Присадка к дизельному топливу, дизельное топливо: патент Рос. Федерация № 2280068; заявл. 03.03.05; опубл. 20.07.06, Бюл. № 20 – 5 с.
10. Способ и установка получения депрессорной присадки к дизельному топливу, депрессорная присадка и дизельное топливо: патент Рос. Федерация № 2337944; заявл. 31.05.06; опубл. 10.11.08, Бюл. № 31 – 10 с.
11. Присадка к дизельному топливу, дизельное топливо: патент Рос. Федерация № 2355732; заявл. 07.11.07; опубл. 20.05.09, Бюл. № 14 – 7 с.

12. Топливо на углеводородной основе, содержащее добавку, улучшающую низкотемпературные свойства: патент Рос. Федерация № 2257400; заявл. 27.12.01; опубл. 27.07.05, Бюл. № 21 – 15 с.
13. Статический смеситель: патент Рос. Федерация № 2509601; заявл. 25.10.12; опубл. 20.03.14, Бюл. № 8 – 8 с.
14. Статический смеситель: патент Рос. Федерация № 2457020; заявл. 25.11.10; опубл. 27.07.12, Бюл. № 21 – 7 с.
15. Статический смеситель: патент Рос. Федерация № 2418624; заявл. 06.11.09; опубл. 20.05.11, Бюл. № 14 – 5 с.
16. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. – М.: Стандартинформ, 2012. – 36 с.
17. ГОСТ 2177-99. Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. – М.: Стандартинформ, 2002. – 24 с.
18. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. – М.: Стандартинформ, 2005. – 20 с.
19. ГОСТ 5066-91. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 10 с.
20. ГОСТ 20287-91. Методы определения температур текучести и застывания. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
21. Лабораторное оборудование и приборы ЗАО «ЛОИП» [Электронный ресурс]. URL: <http://loip.ru/>. Дата обращения: 11.05.2016 г.
22. Научный журнал «Фундаментальные исследования» [Электронный ресурс]. URL: <http://rae.ru/>. Дата обращения: 22.04.2016 г.
23. ГОСТ 22254-92. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 16 с.
24. ГОСТ Р ЕН ИСО 2719-2008. Методы определения температуры вспышки в закрытом тигле Пенски-Мартенса. – М.: Стандартинформ, 2008. – 23 с.

25. ГОСТ 27768-88. Определение цетанового индекса. – М.: Издательство стандартов. 1988. – 7 с.
26. ООО «НПО Экосистема» [Электронный ресурс]. URL: <http://eco-systema.com>. Дата обращения: 15.04.2016 г.
27. Инженерно-внедренческий центр [Электронный ресурс]. URL: <http://ingehim.ru/>. Дата обращения: 25.04.2016 г.
28. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию - 5-е изд., стереотипное. - М.: ООО ИД «Альянс», 2010. — 496 с.
29. ГОСТ 12820-80. Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0,1 до 2,5 Мпа (от 1 до 25 кгс/кв.см). Конструкция и размеры (с Изменениями N 1,2,3,4). – М.: Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
30. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.
31. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсо-сбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Се-рикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
32. ГН 2.2.5. 1313-03. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения №52-93» от 30 марта 1999 г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
33. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). – М.: Стандартиформ, 2008. – 50 с.
34. ГОСТ 12.1.007 – 76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1,2). – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.

35. СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
36. СП 52.13330.2011. Свод правил «Естественное и искусственное освещение».
37. СанПиН 2.2.2/2.4.2730-10 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
38. Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты от 24 декабря 2009г. № 1213 (с изменениями от 20 декабря 2010 года).
39. ГОСТ 12.2.007.0-75. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1,2,3,4). – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
40. СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».
41. Пожарная безопасность. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности N 123-ФЗ.
42. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. – М.: Стандартинформ, 2014. – 26 с.
43. ГОСТ 17.1.3.05—82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. – М.: Издательство стандартов, 2000. – 5 с.
44. ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях (с Изменением N 1). – М.: Издательство стандартов, 2000. – 16 с.
45. Статья 222 ТК РФ. Выдача молока и лечебно-профилактического питания.
46. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 31.12.2014)

Чертеж статического смесителя

