

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива

УДК 681.51:665.753.5.063.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Ашихмин Александр Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Глушков Д.О.	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШЭ	Пискунов М.В.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОСГН	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент, ООД, ШИБ	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бугакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ П.А. Стрижак
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5В	Ашихмину Александру Евгеньевичу

Тема работы:

Автоматическая система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива	
Утверждена приказом директора	06.05.2019, 3503/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	30.05.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Объектом проектирования является вертикальное пропеллерное смешивающее устройство с приводом от мотора-редуктора Junior 175-500-1200. Производимое топливо – вододизельное микроэмульсионное топливо, приготовленное на основе зимнего дизельного топлива и дистиллированной воды.</p> <p>При разработке системы управления процессом приготовления топлива предусмотреть</p>
---------------------------------	--

	использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и дистанционного управления системой.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследовательские изыскания. 2. Проектирование АСУ процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива. 3. Разработка щита управления АСУ процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива. 4. Расчет параметров настройки регулятора. 5. Мнемосхема проекта. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема структурная. 2. Схема функциональная. 3. Схема электрическая соединений. 4. Схема монтажная. 5. Общий вид щита управления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2019
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Глушков Д.О.	к.ф.-м..н.		
Ассистент ИШЭ	Пискунов М.В.	к.ф.-м..н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Ашихмин Александр Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 95 с., 19 рисунков, 19 таблиц, 46 источников.

Ключевые слова: автоматическая система управления, смешивающее устройство, приготовление топлива, микроэмульсия, микроэмульгированное топливо, альтернативное топливо, термодинамическая стабильность.

Объектом исследования является вододизельное микроэмульсионное топливо. Технологическим объектом управления является смешивающее устройство.

Цель работы – разработать автоматическую систему управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива.

В процессе работы выполнен выбор оборудования системы автоматизации, разработка схемной документации и проведены экспериментальные исследования свойств вододизельного микроэмульсионного топлива в изменяющихся температурных условиях, а также проведены исследования термической стабильности эмульгированных вододизельных композиций.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) разработана система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива, а также исследованы температурные диапазоны стабильности вододизельных микроэмульсий.

Преимуществом разработанной системы является специально спроектированный программно-оперативный комплекс на базе SCADA-системы, который позволяет распределить функции между автоматической системой и оперативным персоналом. Такое решение позволяет повысить качество управления технологическим процессом, а также положительно влияет на безопасность производства.

В процессе работы использовались современные программные продукты MasterSCADA, Codesys, Компас 3D, Mathcad, Microsoft Office.

Перечень обозначений и сокращений

АСУ – автоматическая система управления;

ВД МЭ – вододизельная микроэмульсия;

ДВ – дистиллированная вода;

ДТ – дизельное топливо;

ИМ – исполнительный механизм;

МЭ – микроэмульсия;

ПАВ – поверхностно активные вещества;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПУ – пусковое устройство;

ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина.

ЭИМ – электрический исполнительный механизм;

Оглавление

Введение	11
1 Исследовательские изыскания.....	13
2 Разработка АСУ процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива	27
2.1 Разработка структуры автоматической системы управления.....	30
2.2 Разработка функциональной схемы	33
2.3 Выбор технических средств автоматизации	34
2.3.1 Выбор первичных преобразователей	35
2.3.2 Выбор исполнительного механизма	35
2.3.3 Выбор программируемого логического контроллера	37
2.4 Разработка монтажной схемы.....	38
2.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления....	40
2.6 Разработка общего вида щита автоматизации	41
3 Расчет параметров настройки ПИ регулятора	42
3.1 Идентификация объекта управления	42
3.2 Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ- регулятором и объектом с передаточной функцией	45
3.3 Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора	50
3.4 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия	51
3.5 Оценка качества регулирования	54
3.6 Переходный процесс при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия	55
3.7 Оценка качества регулирования	59
4 Мнемосхема проекта	61
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	66
5.1 Планирование работ и оценка времени выполнения	66
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	71
5.2.1 Расчет материальных затрат	71
5.2.2 Расчет затрат на заработную плату	71

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог	72
5.2.4 Расчет затрат электроэнергию	72
5.2.5 Расчет амортизационных расходов	73
5.2.6 Расчет прочих расходов	74
5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	74
5.2.8 Расчет прибыли.....	75
5.2.9 Расчет НДС	75
5.2.10 Цена разработки проекта	75
5.3 Определение экономической эффективности проекта.....	75
6 Социальная ответственность	78
6.1 Введение	78
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
6.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	78
6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	80
6.3 Профессиональная социальная безопасность.....	80
6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	81
6.2.3. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя от действий опасных и вредных факторов	85
6.3 Экологическая безопасность	86
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	86
6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	87
6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	87
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	88
6.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	88
6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	89

Заключение	90
Список использованных источников	90
Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.001 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.001 Э3	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.001 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.001 ВО	Общий вид щита автоматизации

Введение

В настоящее время исследователи топливных технологий занимаются решением наиболее значимой группы проблем. В частности, проводятся исследования, связанные с созданием технологии, способствующей минимизации расхода топлива, увеличению эффективности использования, а также повышению динамики процесса горения, снижению антропогенных выбросов в результате горения топлива, повышению полноты сгорания топлива, улучшения качества получаемого топлива в процессе изготовления, и в то же время уменьшению экономических затрат на производство [1–3].

Одним из путей решения данных проблем является использование микроэмульгированных / эмульгированных топлив. [4].

В результате исследований было выявлено, что вода, содержащаяся в виде капель (от 5 до 20 нм) в микроэмульсии, улучшает характеристики протекающих процессов зажигания и горения топлива во многих аспектах за счет явлений микровзрывного разрушения [9], улучшая экологические и энергетические характеристики топлива. Исследованы многочисленные варианты водосодержащих топливных эмульсий, которые оказывают различное влияние на работу двигателя внутреннего сгорания [9–10]. Однако наиболее важным преимуществом микроэмульгированных топлив является снижение их негативного экологического воздействия на окружающую среду [11].

Наиболее важной характеристикой эмульгированного топлива является его стабильность. Основной задачей на практике является обеспечение стабильного состояния эмульсии в долгосрочной перспективе для исключения разделения фаз топлива при его использовании в двигателях. Одним из возможных путей достижения термодинамической стабильности двухфазного топлива может быть применение микроэмульсий [5–7]. Размер (диаметр) капель дисперсной фазы в микроэмульсии составляет от 5 до 20 нм. Для сравнения диаметр капель дисперсной фазы в обычной обратной вододизельной эмульсии составляет 1–10 мкм. Недостаток такого типа

топлива выражается в потребности большого количества стабилизатора, до 10 % (в некоторых случаях несколько выше до 12–13 %). В обычных эмульсиях – не более 2% [8]. Капли требуемых размеров могут быть получены двумя различными методами. Один заключается в выращивании капель из малых центров каплеобразования, другой состоит в дроблении больших капель [12].

При приготовлении эмульсий в заводских условиях применяют следующие методы:

- 1) метод смешения;
- 2) размалывания в жидкой среде;
- 3) раздробление с помощью ультразвука.

Более тонкодисперсные эмульсии получают с помощью турбинных установок [13].

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматической системы управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива с учетом фактических условий эксплуатации дизельгенератора.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ объекта, определить структуру системы управления.
2. Выбрать оборудование и провести анализ первичных преобразователей.
3. Разработать мнемосхему SCADA-системы автоматизированной системы управления в программной среде.

1 Исследовательские изыскания

На основе микроэмульсий может быть разработана перспективная технология повышения качества зажигания (минимизация задержки зажигания) и горения топлива, которая станет более конкурентоспособной в отношении совершенствования топлива по сравнению с эмульсиями [14]. При этом обеспечение и контроль стабильности к фазовому разделению вододизельных микроэмульсий (ВД МЭ), как одного из основных свойств альтернативных двухфазных топлив, является самостоятельной и сложной научной задачей, обусловленной условиями эксплуатации топлива. Данная проблема, например, весьма актуальна для стран и регионов с холодным либо очень жарким климатом, где необходимо гарантировать стабильное состояние топлива при его хранении или транспортировке. Ранее при разработке микроэмульсионных топлив исследователи не уделяли должного внимания вопросам их стабильности в условиях изменяющихся внешних факторов, в первую очередь – температуры. В то же время хорошо известно, что микроэмульсии, особенно стабилизированные неионогенными ПАВ, чрезвычайно чувствительны к температурному воздействию [15, 16]. В последнее время интерес к этой проблеме значительно возрос, стали появляться исследования в области стабильности микроэмульсионных топлив при температурах, отличных от комнатной [17, 18]. Например, в работе [19] приведены результаты по температурам помутнения микроэмульсий из смеси дизеля, керосина, смеси эмульгатора (основной ПАВ: Тритон X-100 и Спан 80, со-ПАВ: спирты – н-бутанол, и-бутанол, н-пентан и н-октан) и дистиллированной воды. Температуры помутнения микроэмульсий составляли от 29 °С до 64 °С при условии, что концентрация эмульгатора была более 50 % и доля горючей составляющей не превышала 20 %. Отметим, что в [20] соотношение ПАВ/со-ПАВ составляло 1:1, 1:0,75 и 1:0,5. Во всех случаях изменение соотношения ПАВ/со-ПАВ способствовало изменению температуры помутнения одинаковых по концентрациям композиций. Стабильность микроэмульсий в течение более 9 месяцев в

температурном диапазоне 10–50 °С была достигнута в исследовании [21]. Микроэмульсионные системы на основе дизеля и рапсового масла стабилизировались с применением ПАВ – Спан 80 и Твин 80 и со-ПАВ – 1-бутанола.

Температура помутнения микроэмульсии Твин-80–н-бутанол–дизель–вода в исследовании [22] достигала 93 °С. Подчеркивается, что такие микроэмульсии термически более стабильны по сравнению с теми, которые сформированы с использованием гексана и керосина. Соотношение Твин-80/н-бутанол варьировалось и установлено, что количество н-бутанола контролирует микрогетерогенность микроэмульсий. В исследованиях [23,24] установлено, что увеличение содержания масляной фазы и соотношения ПАВ/со-ПАВ повышает температуру помутнения микроэмульсий, а увеличение общего содержания эмульгатора снижает эту температуру. Однако, существуют выводы о повышении температуры помутнения при увеличении содержания эмульгатора [25] (рассматривается псевдотройная система Твин 80/бутанол/керосин/вода). Отметим также, что в [26] выявлено влияние замены воды в микроэмульсии на водно-солевой раствор NaCl, которое выражается в понижении температуры помутнения псевдотройной системы Твин 80: бутанол (2:1)/гексанол/вода при увеличении концентрации соли.

Роль со-ПАВ, в частности строения их алкильной цепи, рассматривается в работе [27] на примере н-бутанола и изобутанола. Установлена определяющая роль со-эмульгаторов в отношении фазового превращения, точки помутнения, электропроводности, и т.д.

Известно, что одной из альтернатив традиционному топливу является использование растительных масел в качестве возобновляемого топлива. Несмотря на безусловные достоинства, в первую очередь, превосходные экологические показатели [28], выявлен целый ряд недостатков таких топлив, связанных с их высокой вязкостью, застыванием при низких температурах, снижением срока службы двигателей [29] и т.д. Смешивание дизельного

топлива и растительных масел и применение биодизеля также имеет ряд серьезных ограничивающих их прямое использование недостатков, в первую очередь связанных с дороговизной производства и увеличением температур помутнения и застывания в сравнении с дизтопливом [30].

Проведенный анализ литературы позволяет заключить, что формирование микроэмульсий со значениями температур помутнения, близкими к традиционному топливу (например, ДТ) является амбициозной задачей. Исследовательских работ по определению диапазонов температур существования топливных микроэмульсий в стабильном состоянии, начиная с отрицательных значений, не обнаружено. Таким образом целью исследования является обеспечение стабильного состояния водо-дизельного микроэмульсионного топлива в широком диапазоне температур среды и сравнение экономических показателей стабильных образцов микроэмульсионных топлив с зимним и арктическим дизельным топливом.

Для приготовления микроэмульсионных топливных составов в настоящей работе использовались следующие компоненты: дисперсионная среда – зимнее дизельное топливо; дисперсная фаза – дистиллированная вода с электропроводностью не более 5 $\mu\text{См/см}$), ацетат аммония; эмульгатор (основной ПАВ) – Неонол АФ 9-6, со-эмульгаторы (со-ПАВ) – 2-этилгексанол, изоамиловый спирт, нонанол-1. Свойства примененного зимнего дизельного топлива представлены в Таблице 1.1. Свойства остальных компонентов микроэмульсионного топлива приведены в технической документации.

Для создания микроэмульсионного топлива использовалась смесь ПАВ/со-ПАВ при условии варьирования их объемного соотношения в смеси: 9,5/0,5, 9/1, 8,5/1,5 и 7/3, соответственно. Соотношение дизельное топливо/дистиллированная вода составляло во всех экспериментах 8/2. Объемная концентрация смеси ПАВ/со-ПАВ в опытах варьировалась в пределах 9,9–41,2 % (Рисунок 1.1). Выбор нижней границы объемной концентрации смеси ПАВ/со-ПАВ зависел от минимального количества

эмульгатора, требуемого для полной солюбилизации воды и формирования микроэмульсии; верхняя граница обусловлена количеством эмульгатора, необходимого для образования микроэмульсий, стабильных при температуре помутнения зимнего ДТ.

Таблица 1.1 – Свойства зимнего дизельного топлива

Параметр	Численное значение
1. Плотность при 25 °С, г/см ³	830
2. Вязкость кинематическая, мм ² /с, при температуре:	
25 °С	2,780
40 °С	2,065
60 °С	1,515
80 °С	1,160
3. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	60
4. Температура помутнения, °С	-21

Для системы: вода – дизельное топливо - Неонол АФ 9-6 - 2-этилгексанол была построена диаграмма состояния (Рисунок 1.1), в которой Неонол АФ 9-6 и 2-этилгексанол представлены как обобщенное ПАВ (ΣПАВ) при постоянном объемном соотношении 9/1 соответственно. Для построения диаграммы использовался метод визуального титрования [31,32]. Однофазная прозрачная жидкость (см. область на диаграмме, изображенной на Рисунке 1.1, выше области, выделенной пунктирными линиями – белые точки) начинала формироваться при использовании объемной концентрации ΣПАВ от ~10 % до ~40 % в зависимости от объемного соотношения дизельного топлива/воды. В области топливных микроэмульсий (содержание

воды менее 50 %) минимальное количество смеси эмульгаторов, требуемого для формирования микроэмульсии, соответствует соотношению топливо/дистиллированная вода 8/2. Таким образом, выбор соотношения дизельное топливо/дистиллированная вода в исследовании во многом обусловлен именно этим результатом, а также экономической целесообразностью (меньше эмульгатора, меньше стоимость топлива) и общими представлениями о компонентном составе топливных эмульсионных/микроэмульсионных композиций (например, [33,34,35]). Черные точки характеризуют двухфазную область (эмульсию), представляющую собой в условиях перемешивания непрозрачную белую жидкость; серые точки – переходную область между эмульсионным состоянием и микроэмульсионным (полупрозрачная жидкость), в литературе [36] подобные системы известны как наноэмульсии.

Необходимо отметить, что к понятию «водо-дизельная микроэмульсия» в настоящей работе относятся однородные гомогенные (на макроуровне) оптически прозрачные системы, образованные водой, дизельным топливом и ПАВ, вне зависимости от их строения на микроуровне, такие системы в литературе часто называются Винзор IV; к понятию «стабильности микроэмульсий» относится способность топливной композиции существовать в виде однофазной прозрачной жидкости при условии варьирования температуры среды.

Образцы микроэмульсий готовились смешиванием отмеренных объемов компонентов при комнатной температуре. Для перемешивания применялась магнитная мешалка Daihan Scientific MSH-20D (скорость вращения 80-1500 об./мин., точность поддержания скорости ± 5 об./мин.).

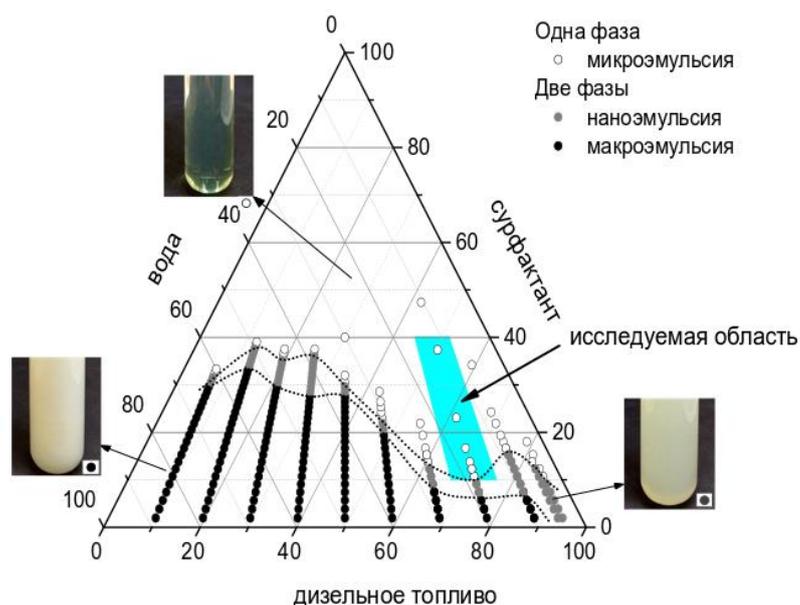


Рисунок 1.1 – Тройная диаграмма состояния для водо-дизельных микроэмульсий, стабилизированных смесью ПАВ/со-ПАВ (Неонол АФ 9-6 / 2-этилгексанол) в соотношении 9/1, при температуре среды 25°C. Область, выделенная голубым цветом, соответствует тем концентрациям компонентов, которые были рассмотрены в работе

Испытания на стабильность микроэмульсий к изменению температуры проводились с использованием термостата жидкостного низкотемпературного Termex КРИО-ВИС-Т-06-01 (рабочая жидкость – смесь пропиленгликоля с водой в соотношении 1/1). Температуры микроэмульсий и рабочей жидкости в термостате отслеживались с помощью электронных лабораторных термометров ЛТ-300 с диапазоном измерения температуры - 50...+300 °С и погрешностью ± 0.05 °С. Образцы микроэмульсий помещали в стеклянные пробирки, которые погружали в ванну термостата. Для каждого образца определялись две температуры помутнения: верхняя (Т1) и нижняя (Т2), ограничивающие температурную область однофазного состояния микроэмульсии. Точки помутнения микроэмульсий фиксировали визуально.

Скорость нагрева/охлаждения вблизи точки помутнения поддерживали в диапазоне 0,3-0,5 °С/мин. Каждую точку помутнения (Т1 и Т2) независимо определяли в двух режимах: нагрева и охлаждения. Для Т1 режим нагрева соответствовал переходу системы из однофазного состояния (прозрачный раствор) в двухфазное (эмульсия); режим охлаждения, наоборот, – переходу из двухфазного в однофазное. Для Т2, соответственно, наблюдалась строго противоположная картина. Погрешность измерения составляла $\pm 0,1$ °С. Эксперименты проводились параллельно на двух независимо приготовленных образцах одинакового состава. За окончательный результат принималось среднее значение.

Для проведения опытов по установлению влияния природы спиртов, используемых в качестве со-ПАВ, на температурные диапазоны стабильности топливных микроэмульсий применены следующие вещества: изоамиловый спирт, гексанол-1, 2-этилгексанол и нонанол-1. Соотношение ДТ/ДВ в данных опытах составляло 8/2. В качестве основного эмульгатора использовался Неонол АФ 9-6. Объемная доля смеси эмульгаторов в микроэмульсиях варьировалась (диапазон указан в п. 2.1). Соотношение ПАВ/со-ПАВ во всех случаях опытах составляло 9/1.

Предполагалось, что использование разных спиртов позволит установить влияние свойств со-ПАВ на стабильность топливных микроэмульсий, т.е. на диапазон температур, в котором микроэмульсия остается однофазной.

Предполагалось, что на температурный диапазон стабильности обратных топливных микроэмульсий помимо объемной концентрации смеси эмульгаторов может влиять также соотношение ПАВ/со-ПАВ. При формировании комбинированного ПАВ были выбраны следующие соотношения ПАВ/со-ПАВ: 9,5/0,5, 9/1, 8,5/1,5 и 7/3. В качестве ПАВ использовался Неонол АФ 9-6, в качестве со-ПАВ – 2-этилгексанол. Объемное соотношение ДТ/ДВ составляло 8/2.

Для приготовления В/Д микроэмульсий с минерализованной дисперсной фазой использовалось постоянное соотношение дизельное топливо/дистиллированная вода (ДТ/ДВ) – 8/2. Объемная концентрация смеси ПАВ варьировалась. В качестве дисперсной фазы микроэмульсий применены растворы ацетата аммония с молярной концентрацией 0,1, 0,5 и 1 моль/дм³, базовая жидкость – дистиллированная вода. Предполагалось, что минерализация дисперсной фазы будет способствовать изменению температурных диапазонов стабильного состояния топливных микроэмульсий. Этот эффект связан с уменьшением растворимости неионогенного ПАВ в воде в присутствии солей – так называемый эффект «высаливания», вызванный дегидратацией полиоксиэтиленовых звеньев молекул ПАВ, что, в конечном счете, эквивалентно понижению ГЛБ данного ПАВ [37].

Несмотря на все многообразие вариантов создания минерализованной водной среды, концепция микроэмульсионного топлива, предназначенного для сжигания в камерах сгорания энергетических установок, накладывает строгие ограничения на состав такого топлива. Очевидно, что использование минеральных солей, а также солей, содержащих ионы любых металлов, в данном случае совершенно бесперспективно, т.к. при их термическом разрушении образуется большое количество твердого несгораемого остатка, который неизбежно будет откладываться на стенках камеры. Также неприемлемо использование соединений, содержащих серу и галогены, вследствие высокой токсичности и коррозионности продуктов их сгорания.

На наш взгляд наиболее подходящим вариантом является применение аммонийных солей органических кислот. Такие соединения, как правило, хорошо растворимы в воде, повышают ионную силу раствора аналогично минеральным солям, но, главное, при сгорании (термическом разложении) не образуют твердого остатка [38]. Один из простейших и наиболее доступных представителей данного класса – ацетат аммония, и был использован в

данной работе. Концентрация ацетата аммония в водной фазе варьировалась от низких значений – 0,1 М, до высоких – 1 М.

Для стабилизации микроэмульсий в качестве со-ПАВ наиболее предпочтительно использование спиртов со средней длиной углеводородного радикала (C4 – C10), т. к. именно в этом случае обеспечивается их эффективная адсорбция на границе раздела фаз. Более легкие спирты (метанол, этанол, пропанола) хорошо растворимы в воде и могут выступать только в роли соразтворителя водной фазы. Более тяжелые спирты хорошо растворимы в углеводородах и также не обнаруживают тенденции к концентрированию на межфазной границе.

Нами было исследовано влияние природы спирта на температуры помутнения обратных вододизельных микроэмульсий. Приведенные на рисунке 1.2 зависимости позволяют заключить, что природа со-ПАВ в условиях увеличения общего количества Σ ПАВ влияет на температурные диапазоны существования стабильных микроэмульсий незначительно и довольно сложно выделить какие-либо закономерности. Тем не менее, можно отметить, что в области низких концентраций Σ ПАВ (10–20 %) микроэмульсии на основе изоамилового спирта имеют наиболее узкий диапазон термической стабильности, причем этот диапазон находится выше, чем для других спиртов. Наиболее широкая температурная область существования обнаруживается для микроэмульсий, содержащих в качестве со-ПАВ 2-этилгексанол. Из всего ряда исследованных со-ПАВ этот спирт имеет наиболее разветвленную гидрофобную часть и его влияние на увеличение диапазона температурной стабильности микроэмульсии наиболее выражено.

Полученные результаты позволяют утверждать, что для создания вододизельных микроэмульсий в качестве со-эмульгаторов может быть использован относительно широкий ряд спиртов со средней длиной углеродной цепи от C5 до C9. Тем не менее, отметим, что в рассматриваемом случае (Рисунок 1.2) соотношение ПАВ/со-ПАВ в смеси составляло 9/1, и

возможно несущественное влияние природы со-ПАВ обусловлено его малой долей в смеси.

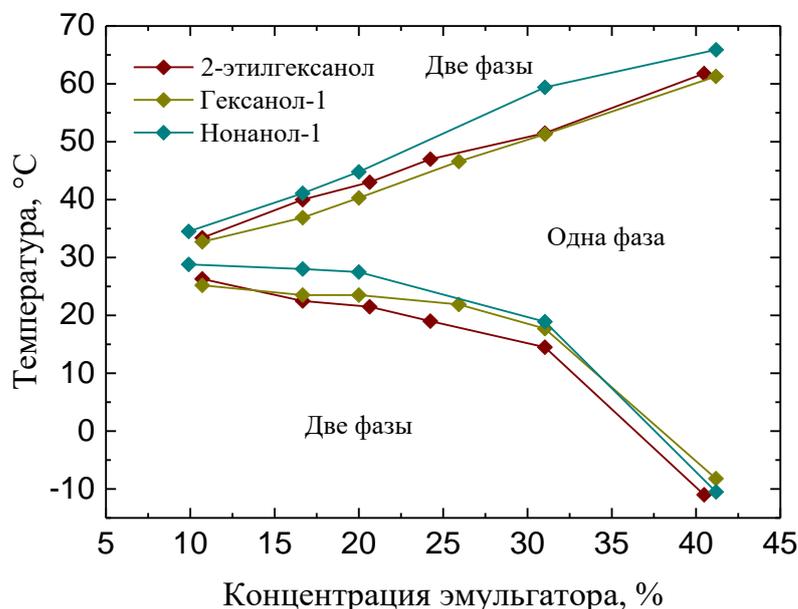


Рисунок 1.2 – Температурные диапазоны существования обратных топливных микроэмульсий в зависимости от объемной концентрации смеси эмульгаторов и природы со-ПАВ (ДТ/ДВ – 8/2, ПАВ/со-ПАВ – 9/1)

Использование для стабилизации топливных микроэмульсий 2-этилгексанола в качестве со-ПАВ, на наш взгляд, наиболее перспективно, т.к. он является крупнотоннажным химически продуктом и имеет относительно невысокую стоимость.

Добавление со-ПАВ и изменение соотношения ПАВ/со-ПАВ в смеси эмульгаторов позволило контролировать температурные диапазоны существования обратных топливных микроэмульсий. В частности, на примере 2-этилгексанола было выявлено, что увеличение доли со-эмульгатора приводит к смещению границ диапазона существования микроэмульсий в сторону более низких температур без расширения этих границ даже при увеличении объемной концентрации смеси эмульгаторов

(Рисунок 1.3). Рассматриваемый эффект, вероятно, связан со снижением общего ГЛБ смеси ПАВ/со-ПАВ при увеличении доли со-ПАВ, приводящего к понижению температурного диапазона существования микроэмульсий. Согласно справочным данным Неонол АФ 9-6 имеет ГЛБ = 10,6 [39]. Расчет числа ГЛБ 2-этилгексанола по Дэвису дает значение 5,1. Числа ГЛБ смеси Неонол АФ 9-6 / 2-этилгексанол в соотношениях: 9,5/1; 9/1; 8,5/1,5 и 7/3 соответственно равны: 10,3; 10,0; 9,8; 9,0. Также нельзя исключать влияние увеличивающейся доли со-ПАВ на гидрофильно-липофильные свойства дизельного топлива и воды, и на распределение основного ПАВ между их фазами.

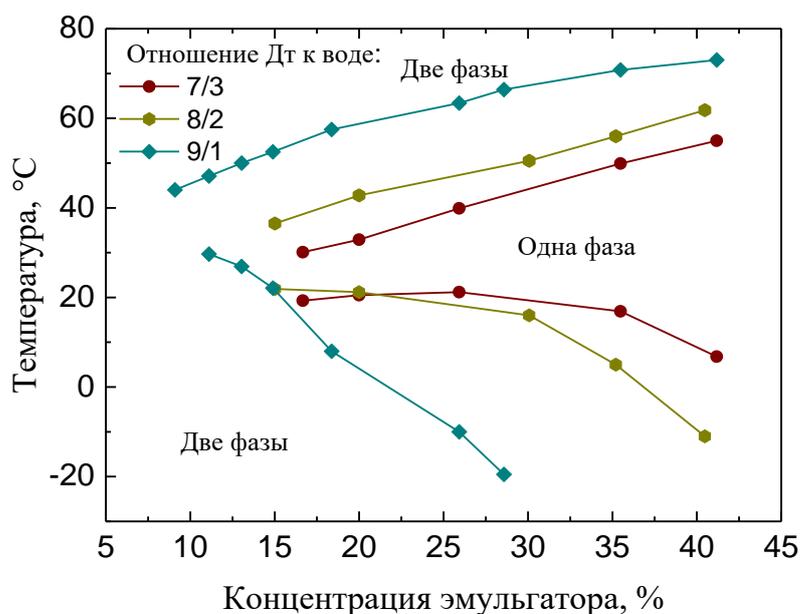


Рисунок 1.3 – Температурные диапазоны существования обратных топливных микроэмульсий в зависимости от объемной концентрации смеси эмульгаторов и соотношения ПАВ/со-ПАВ внутри смеси (ДТ/ДВ – 8/2, со-ПАВ – 2-этилгексанол, ПАВ – Неонол АФ 9-6); TD – температура помутнения ДТ -21 °С

Полученные данные показывают, что в области концентраций ЭПАВ 10–30 % увеличение доли со-ПАВ в композиции с ПАВ до 30 %

(соотношение ПАВ/со-ПАВ – 7/3) приводит к понижению температурного диапазона стабильности микроэмульсий на 25-35 °С по сравнению с индивидуальным Неонолом АФ 9-6. Рисунок 3 также показывает, что при объемной концентрации Σ ПАВ около 40 % и доле со-эмульгатора от 15 до 30% может быть достигнута температура существования микроэмульсии, близкая к температуре помутнения зимнего ДТ, использованного в исследовании. Таким образом, варьирование соотношения ПАВ/со-ПАВ может быть удобным инструментом регулирования температурного диапазона стабильности топливных микроэмульсий.

Установлено, что при замене дистиллированной воды на растворы ацетата аммония наблюдается эффект смещения температурных диапазонов существования обратных топливных микроэмульсий в сторону пониженных температур (Рисунок 1.4) без существенного расширения этих диапазонов. Кроме того, показано, что увеличение молярной концентрации соли в дисперсной фазе как раз и обеспечивает наблюдаемое смещение температурных диапазонов стабильности микроэмульсий к пониженным температурам. Такой эффект обусловлен так называемым «высаливанием» ПАВ из водной фазы. Хорошо известно, что растворимость неионогенных ПАВ в воде существенно зависит от температуры и возрастает с ее понижением. Таким образом, охлаждение микроэмульсий приводит к переходу ПАВ в водную фазу и отделению фазы масла, что соответствует нижней точке помутнения (T₂). Увеличение минерализации водной фазы дает противоположный эффект, снижая растворимость ПАВ в воде, в результате чего температурный диапазон устойчивости микроэмульсий смещается в область более низких температур. Отметим, что минимальная зафиксированная нами температура существования топливной микроэмульсии в виде гомогенной системы практически соответствует температуре помутнения зимнего ДТ, использованного в работе (Таблица 1.1), и является пределом, ниже которого, скорее всего, получить стабильное топливо не получится. Природа возникающей при этом фазы не установлена,

т. к. помутнение может быть вызвано как разрушением микроэмульсии и формированием новой жидкой фазы (эмульсия), так и кристаллизацией парафинов, присутствующих в дизельном топливе, в виде твердой фазы (суспензия). В любом случае, полученные результаты позволяют утверждать, что температурная стабильность топливной микроэмульсии как однофазной системы в первую очередь определяется свойствами ДТ, как основного ее компонента.

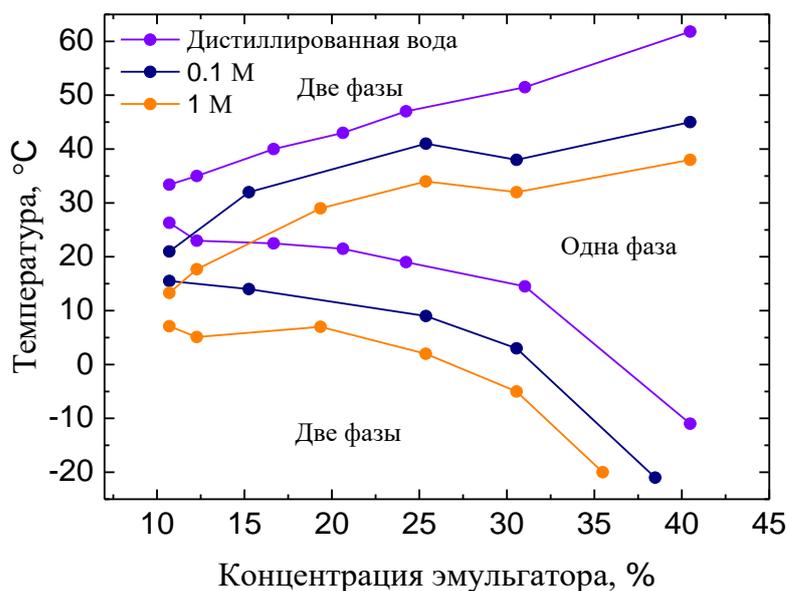


Рисунок 1.4 – Температурные диапазоны существования обратных топливных микроэмульсий с и без минерализации дисперсной фазы в зависимости от объемной концентрации смеси эмульгаторов (ДТ/ДВ (или водно-солевой раствор) – 8/2, ПАВ/со-ПАВ – 9/1); TD – температура помутнения ДТ

Как следует из Рисунка 1.4. в области концентраций ΣПАВ 10-25 % увеличение минерализации водной фазы до 1 моль/дм³ позволяет понизить температурный диапазон стабильности микроэмульсии примерно на 15-20 °С. При максимальной в работе объемной концентрации (около 40 %) смеси эмульгаторов нам удалось сформировать топливную микроэмульсию с

температурой помутнения (T_2) как у зимнего ДТ, примененного в исследовании ($-21\text{ }^{\circ}\text{C}$). Таким образом, увеличение минерализации водной фазы в топливных микроэмульсиях за счет использования аммонийных солей карбоновых кислот также является удобным способом управления стабильностью данного альтернативного топлива в относительно широком диапазоне температур.

Исследование стабильности топливных ВД микроэмульсий в широком диапазоне температур показало, что применение различных спиртов (2-этилгексанола, гексанола-1, изоамилового спирта, нонанола-1) в качестве со-ПАВ; варьирование соотношения ПАВ/со-ПАВ, а также использование растворов ацетата аммония с молярной концентрацией 0,1, 0,5 и 1 моль/ м^3 в качестве дисперсной фазы, позволяют существовать микроэмульсионному топливу в виде однофазной жидкости при температурах от $69\text{ }^{\circ}\text{C}$ вплоть до температуры помутнения зимнего ДТ ($-21\text{ }^{\circ}\text{C}$), использованного для приготовления микроэмульсий. Варьирование соотношения ПАВ/со-ПАВ, а также изменение минерализации водной фазы добавлением аммонийных солей карбоновых кислот могут быть удобными приемами для регулирования стабильности топливных микроэмульсий в относительно широком диапазоне температур. При сравнении экономических показателей полученных топливных композиций с зимним и арктическим ДТ установлено, что микроэмульсионные топлива, содержащие до 20% комбинированного ПАВ и 15-18 % водной фазы, имеют стоимость, сравнимую с вышеуказанными топливами.

2 Разработка АСУ процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива

Данная система спроектирована для обеспечения топливом дизельгенератора мощностью 1 МВт и выше. Как правило, использование дизель генераторов как основного источника питания обусловлено полным отсутствием централизованных сетей. Так же использование данной энергетической установки может быть связано с высоким уровнем расходов для проведения централизованной электросети. Таким образом, дизель генераторы являются незаменимыми источниками электроэнергии в геологических экспедициях, вахтовых посёлках, фермах и т.д.

Технические характеристики дизель генератора СТМ М.1260 1280 кВА приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики дизель генератора СТМ М.1260 1280 кВА

Напряжение	380-440 В, 50 Гц
Основная мощность	1280 кВа/1024 кВт
Резервная мощность	1408 кВа/ 1126 кВт
Двигатель	S12RPTA Mitsubishi
Генератор	P7A (Stamford)
Количество цилиндров	12-V
Степень сжатия	14,0:1
Рабочий объём двигателя	49,03 л
Стабильность напряжения	±0,25 %
Емкость аккумулятора	800 А/час
Объём масляной системы	150 л
Емкость системы охлаждения	230 л
Расход топлива (резервная работа)	201 л/час
Габариты электростанции	4500 x 2000 x 2350 мм
Масса электростанции	10500 кг

Объектом автоматизации в данной работе является смешивающее устройство с приводом от редуктора Junior 175-500-1200, изготовленная ООО “КОМПЛЕКТПИЩЕПРОМ”.

Устройство представляет собой вертикальную пропеллерную мешалку с приводом от мотора-редуктора, расположенным в верхней части устройства.

Технические характеристики мешалки Junior 175-500-1200 приведены в Таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики мешалки Junior 175-500-1200

Мощность привода	0,75 кВт
Частота вращения	100 об./мин.
Пропеллер	Трехлопастной
Диаметр пропеллера	500 мм
Длина вала	1200 мм
Опорный фланец	DN 100
Объём перемешиваемого продукта	3 м ³
Давление в емкости	Атмосферное

Оптимизация работы процесса приготовления топлива на различных химических и нефтехимических объектах производится путём внедрения в исходную систему автоматической системы управления. Работа всей системы контролируется посредством средств автоматизации и вычислительного комплекса. У оператора есть возможность вручную приводить в действие необходимые элементы системы, путем нажатия соответствующих кнопок на пульте управления.

При использовании автоматической системы управления процессом приготовления снижается время общего простоя оборудования, что

позитивно влияет на экономическую составляющую производства. Также повышается безопасность процесса и улучшается качество продукта.

Проблему повышения эффективности можно решить двумя способами. Первым способом является полная автоматизация процесса приготовления, которая включает в себя насосное и вспомогательное оборудование (АСУ ТП). Вторым способом является частичная (только смешивающее устройство) автоматизация. На производствах, которые имеют небольшой размер можно установить маломощные смешивающие устройства с автоматическим регулированием процесса перемешивания. Все управление технологическими процессами полностью автоматизировано при помощи запрограммированного контролера (нижний уровень АСУ ТП). Контроль над технологическим процессом ведется обслуживающим персоналом с пульта управления через ПК. Персонал обслуживания только отдает команды на пуск или остановку необходимого в данный момент времени оборудования. Также обслуживающий персонал делает корректировки в технологическом процессе работы системы производства топлива.

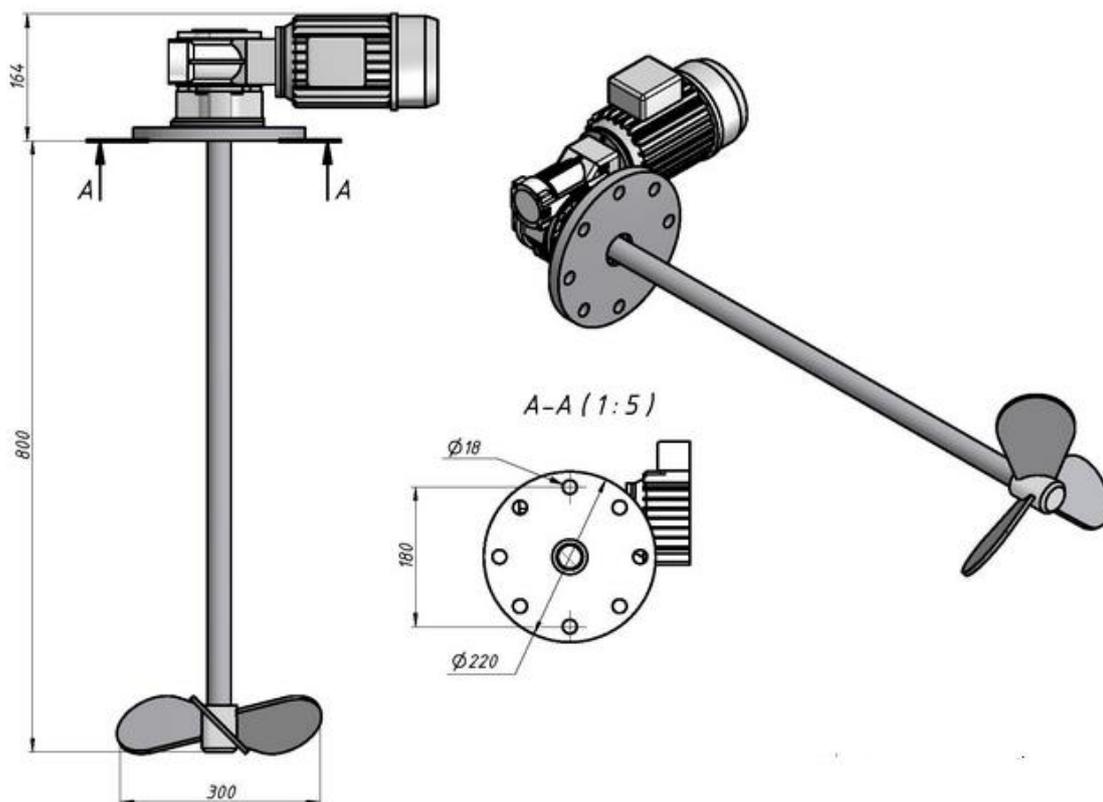


Рисунок 2.1 – Внешний вид мешалки Junior 175-500-1200

2.1 Разработка структуры автоматической системы управления

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, стоимость системы регулирования, её надёжности и ремонтпригодности. Система автоматического управления может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы применяется многоуровневая система управления давлением газа в трубопроводе, строящаяся по трехуровневому иерархическому принципу.

На полевом уровне реализуются местные показывающие приборы, первичные средства измерения и датчики технологических параметров, исполнительные механизмы и органы местного управления. Функцией

нижнего уровня является контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров; интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

На среднем уровне располагается щит управления, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые обеспечивают сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи. На среднем уровне выполняется сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей, а также информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров газа; автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления; передача информации на верхний уровень.

Верхний уровень позволяет осуществлять сбор и концентрацию информации о ходе технологического процесса от контроллеров и станций нижнего уровня управления; составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов; диагностики работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

В данной работе предлагается метод изменения расхода путем дросселирования, который предполагает управление расходом в трубопроводе при помощи регулирования угла поворота запорного клапана

задвижки. Данный метод является наиболее распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока рабочей жидкости.

2.2 Разработка функциональной схемы

На функциональных схемах условными графическими обозначениями изображают технологическое оборудование и трубопроводы, органы управления, приборы и средства автоматизации, показывают взаимодействие технологического оборудования и элементов автоматики и связи между элементами автоматизации.

Функциональная схема автоматизированной системы управления приготовления микроэмульгированного топлива, разработанная в данной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.001 С2.

В верхней части листа изображается технологическая схема, позволяющая показать местоположение точек контроля, первичных преобразователей, а также нумерацию измерительных и управляющих каналов. В нижней части чертежа располагаются щит управления и АРМ оператора, изображенные в виде прямоугольников.

Первичный измерительный преобразователь, регулирующие органы и исполнительные механизмы изображаются на технологической схеме в виде окружности. От них выводятся линии связи с номером измерительного или управляющего канала.

Далее линии связи идут к прямоугольнику с названием «Щит управления», на котором изображен контроллер. От контроллера информация передается в текущем времени на верхний уровень, т.е. на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который следит за технологическим процессом.

Компоненты будущего топлива поступают в смешивающий бак, процесс смешения сопровождается работой перемешивающего устройства и поддержанием положительной температуры состава. По окончании процесса, готовое топливо поступает в емкость-хранилище.

2.3 Выбор технических средств автоматизации

Одним из основных аспектов при проектировании автоматических систем управления является выбор технических средств автоматизации. При выборе устройств нужно обращать внимание на доступность и надежность рассматриваемых технических средств. В данной работе предпочтение отдается отечественным производителям, таким как ЭЛЕСИ, МЕТРАН и т.д. Немаловажную роль в выборе технических средств играет унификация и возможность обеспечения взаимосвязи между устройствами и системой в целом. Еще одним критерием выбора приборов являются габаритные размеры. Все выбранные устройства необходимо устанавливать либо по месту, либо на щитах управления, и то сколько пространства занимает то или иное устройство в ограниченном объеме может стать серьезной проблемой.

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей необходимо учитывать предельные значения измеряемого параметра и давлений, в диапазоне которых можно применять различные первичные измерительные преобразователи, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. Необходимо ограничивать количество технических средств, устанавливаемых на щитах, минимальным набором, обеспечивающим выполнение требуемых функций. Стоит обращать внимание на исполнение прибора. Например, в условиях агрессивной среды лучше использовать преобразователи в защитном кожухе.

Техническая документация, в которой отражены все необходимые сведения о приборах и технических средствах автоматизации называется спецификацией.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы регулирования представлена на ФЮРА.421000.001 ЗС.

2.3.1 Выбор первичных преобразователей

Местный контроль температуры смеси в баке – преобразователь термоэлектрический Метран 243 НСХ 50М, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,4 %, диапазон измерения -50...180 °С, с выходным сигналом 4...20 мА [39].

Также могут в данной системе могут применяться аналогичные устройства измерения температуры. Например, погружная термопара Fuehler Systeme EF4/Г типа К, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,4 %, диапазон измерения -200...+800 °С, выходной сигнал 4...20 мА [40].

Местный контроль уровня в баке – рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 мм, максимальный диапазон измерения 24 м, выходной сигнал 4...20 мА [41].

Его аналогом может быть погружной датчик уровня PIEZUS ALZ 3720, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,2 %, выходной сигнал 4...20 мА [42].

2.3.2 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – это устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора в перемещение регулирующего органа. Как правило конструкция исполнительного механизма подразумевает наличие трех основных частей: привод, прибор для управления приводом и регулирующий орган – задвижки. Привод обеспечивает изменение положения задвижки, а задвижка корректирует величину переменной процесса.

За счет подвода энергии извне исполнительный механизм развивает усилие и мощность, достаточные для перемещения регулирующего органа в положение, соответствующее командному сигналу. Например, исполнительный механизм может использоваться, чтобы изменить степень

открытия клапана для увеличения или уменьшения загрузки, или изменить положение заслонки или жалюзи.

Выбор типа ИМ (однооборотный – МЭО, однооборотный фланцевый – МЭОФ, прямоходный постоянной скорости – МЭП, прямоходный кривошипный переменной скорости – МЭПК) определяется типом трубопроводной арматуры. В данной работе предполагается использование запорно-регулирующего крана, который позволяет управлять интенсивностью потока воды на смешивание либо надежно перекрывать его. Значит, тип ИМ – МЭО.

Исполнительный механизм выбирается не только из вида регулирующего органа, но и от крутящего момента.

Максимальный крутящий момент МЭО вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 60 - 338 = 75,4 \text{ ,}$$

где D_y – условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе ИМ типа МЭО должно выполняться условие $M_H > M_{\max}$, поэтому по каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» выбираем механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 100 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с, в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала. Тип МЭО–100/25–0,25-Р-99.

Максимальное усилие на штоке МЭП вычисляется по формуле:

$$F_{\max} = 17 \cdot D_y - 485 = 17 \cdot 60 - 485 = 535 \text{ ,}$$

где D_y - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе ИМ типа МЭО должно выполняться условие $F_H > F_{\max}$, поэтому по каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» выбираем

механизм электроисполнительный прямоходный с номинальным значением усилия на штоке 1000 Н, номинальное значение времени полного хода 25 с, номинальное значение полного хода 25 мм. Тип МЭО-1000/25-30Р-99 [43].

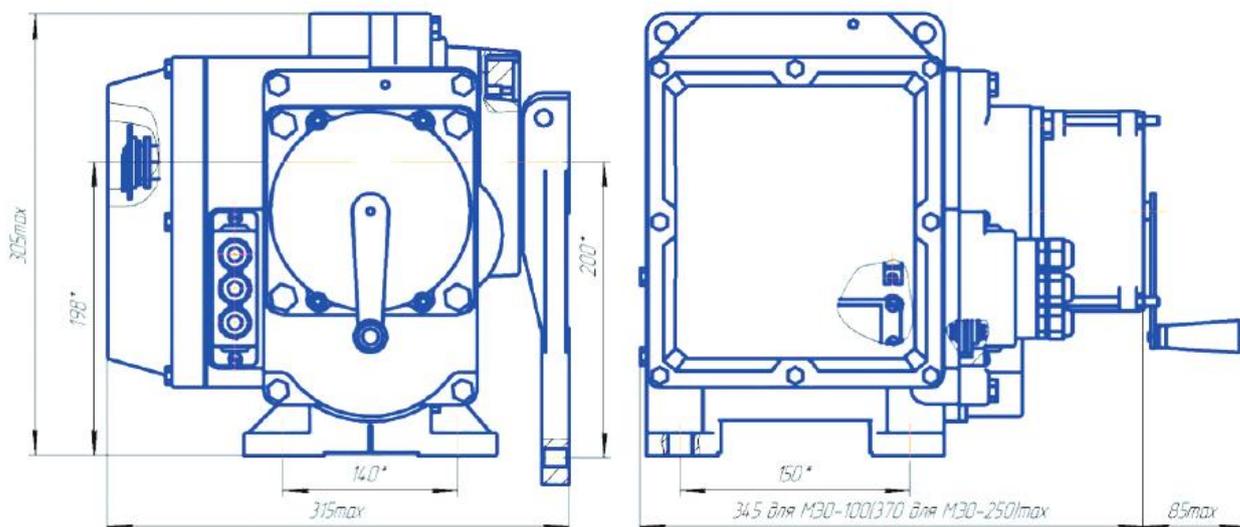


Рисунок 2.2 – Габаритные размеры МЭО-100/25-0,25 М-99

2.3.3 Выбор программируемого логического контроллера

Средний уровень проектируемой системы выполнен с использованием Элсима М01, который обеспечивает сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд регулирования на исполнительные механизмы. К нему необходим дополнительно модуль аналогового ввода/вывода Элсима А01, а также дискретного ввода/вывода D01 [44].

В современных системах управления часто используются микропроцессорные устройства модульного типа. Поэтому в системе топливо приготовления в качестве регулирующего устройства можно применить ПЛК ЭЛЕСИ-ТМК со всеми необходимыми модулями [45].

2.4 Разработка монтажной схемы

На схемах внешних электрических и трубных проводок изображают прокладываемые вне щитов электрические провода, кабели, импульсные, командные, питающие, защитные трубы, короба, лотки и металлорукава с указанием их номера, типа (марок) и длин. На чертежах этих схем в виде условных обозначений изображаются:

- отборные устройства и первичные преобразователи, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы;
- приборы и средства автоматизации, устанавливаемые вне щитов и пультов;
- щиты, пульты и т.п.;
- вспомогательные устройства (соединительные и протяжные коробки, фитинги, коробки свободных концов термопар и т.п.);
- устройства заземления щитов, приборов и других токоприемников.

Монтажная схема соединений внешних проводок проектируемой системы представлена на ФЮРА.421000.001 С4.

В верхней части схемы расположена таблица с обозначениями измеряемых параметров, измеряемой среды, мест установки и позиционного обозначения измерительных приборов. Ниже расположены условно изображенные датчики, от которых отходят кабели, обозначенные на чертеже линиями, прописано название кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, обозначающим шкаф автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков. В правой части чертежа расположены устройства и механизмы, предназначенные непосредственно для регулирования технологического параметра, путем подачи на них дискретных сигналов. Также проведены линии до шкафа автоматизации, обозначающие кабели, прописаны их характеристики.

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. В цепях измерения, управления, питания, сигнализации и т.п. (в том числе в цепях телемеханических устройств) допускается применять провода и кабели с медными жилами.

Для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) должны применяться провода с сечением медных жил не менее 1 мм^2 , алюминиевых - 2 мм^2 , обладающих достаточной механической прочностью, необходимой для выполнения затяжки этих проводов в трубы.

Помимо требований к материалу проводников (медь и алюминий) и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей особое внимание должно уделяться соответствию их технических данных условиям окружающей среды. Необходимо, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покровы проводов и кабелей отвечали условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки. При выборе проводов и кабелей необходимо учитывать резерв жил.

2.5 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемый в составе системы регулирования приготовления ОБУТ отражает принципиальная электрическая схема.

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображаются все устройства и элементы, входящие в схему, а также соединения между ними. Устройства изображаются в виде прямоугольников, элементы – в виде условных графических изображений, установленных в ЕСКД. Около условных графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме необходимо указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

Для разработки принципиальной электрической схемы необходимо выполнить ряд действий:

- 1) нанести на схему технические средства автоматизации с соответствующими стандартами;
- 2) произвести соединение проводок с клеммами устройств по требованиям завода изготовителя оборудования;
- 3) произвести нумерацию проводников.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического и текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа.

Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют минимальное число взаимных пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями не менее 5 мм.

Схема соединений представлена на ФЮРА.421000.001 ЭЗ.

Перечень используемых устройств представлен на ФЮРА.421000.001 ПЭЗ.

2.6 Разработка общего вида щита автоматизации

Чертеж общего вида шкафа управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и как взаимодействуют его части. Общий вид шкафа представлен на листе ФЮРА.42100.001 ВО.

В шкафах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними. Шкафы систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Общие виды шкафов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами 23 и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок. Исходные материалы для проектирования общих видов:

- 1) функциональные схемы систем автоматизации;
- 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

3 Расчет параметров настройки ПИ регулятора

3.1 Идентификация объекта управления

Активная идентификация используется при разработке новых технологий, применяемых на промышленных объектах. Вторым случаем является использование при уточнении построенной математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона была использована модель изменения частоты вращения пропеллера смешивающего устройства Junior 175-500-1200, по времени. Математическая модель построена при помощи экспериментальных исследований, проведенных на реальном объекте. Кривая разгона представлена в виде зависимости частоты оборотов ω от времени τ на Рисунке 3.1.

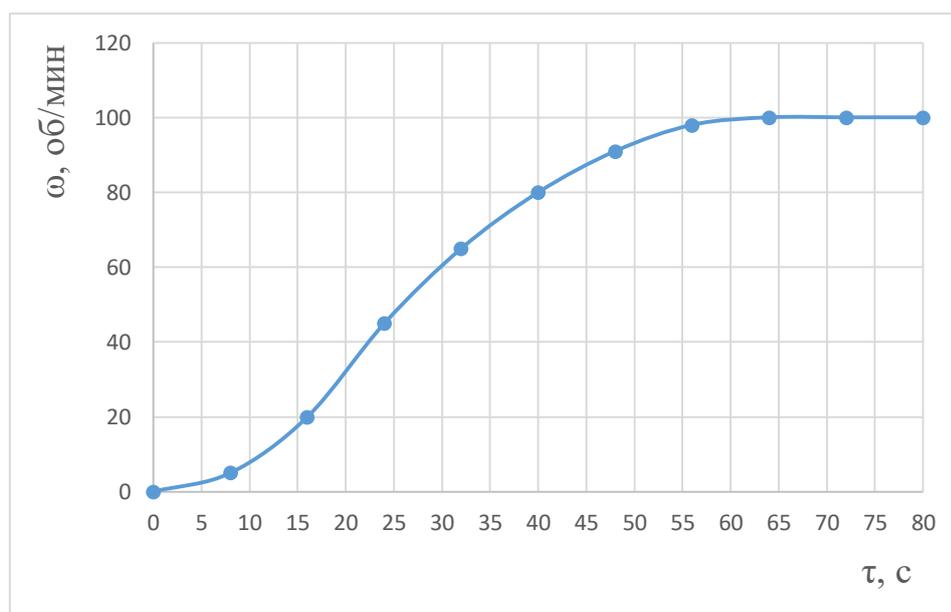


Рисунок 3.1 – Кривая разгона объекта управления

На полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени T ; запаздывание t , коэффициент передачи K .

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau}, \quad (3.1)$$

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения 3.1 при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases} \quad (3.2)$$

Получаем два неизвестных значения времени запаздывания τ и постоянную времени T .

Получаем два неизвестных значения время запаздывания τ и постоянную времени T . Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие; при единичном воздействии $k = h(T_y)$. Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона строим две точки А и Б. Точка А определяется как $0,33 k$, а точка Б имеет ординату $0,7 k$.

Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1-h_A)}, \quad (3.3)$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1-h_A) - t_A \ln(1-h_B)}{\ln(1-h_A) - \ln(1-h_B)}, \quad (3.4)$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;

h_A и h_B – значение ординат при точках А и Б.

Определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры.

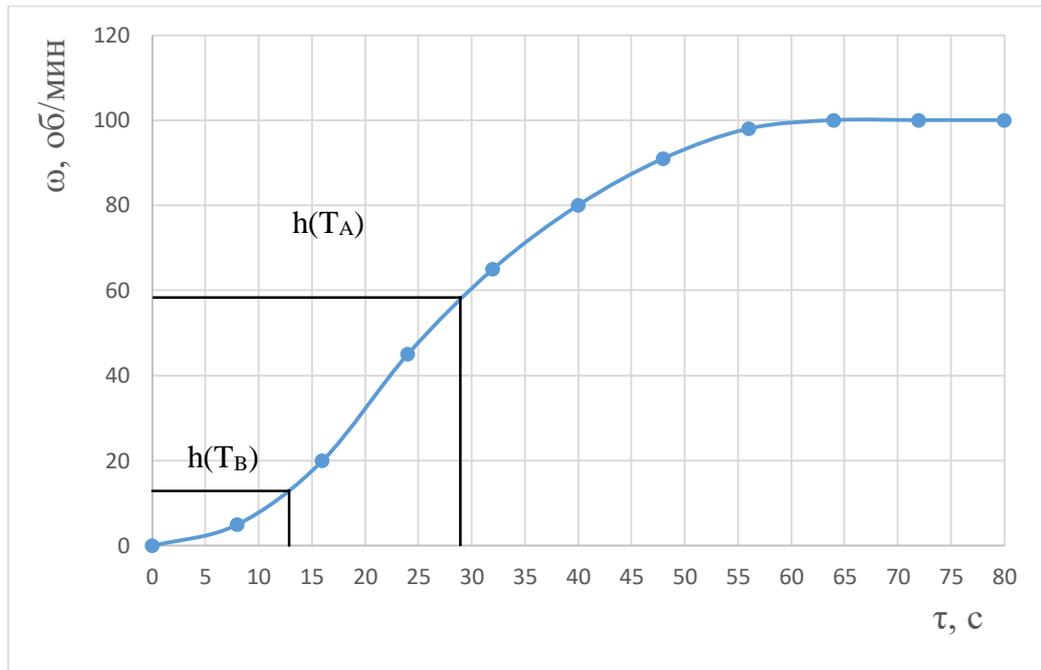


Рисунок 3.2 – Определение точек на кривой разгона для идентификации объекта управления

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Орманна. Определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B), \quad (3.5)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1.2} = 1,25(t_B - t_A). \quad (3.6)$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 12 - 28) = 4 \text{ с}, \quad (3.7)$$

$$T = 1,25(28 - 12) = 20 \text{ с}. \quad (3.8)$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{0,8}{(20P+1)} e^{-4P}. \quad (3.9)$$

3.2 Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией

Для расчёта и построения границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором, будем использовать корневой метод параметрического синтеза систем автоматического регулирования с применением расширенных амплитудно-фазовых частотных характеристик (РАФЧХ).

Используя исходные данные, для системы регулирования установлены следующие требования к запасу устойчивости системы: степень затухания переходного процесса в системе $\psi = 0,75$.

Из зависимости между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования ψ и степенью колебательности переходных процессов в заданной системе регулирования m , можно выразить значение заданной степени колебательности m по формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = 0,221, \quad (3.10)$$

где ψ – степень затухания переходных процессов в системе регулирования.

Передаточная функция объекта регулирования определяется по формуле:

$$W_{об}(P) = \frac{K}{\prod_{i=1}^n (T_i \cdot P + 1)} \cdot e^{-P \cdot \tau}, \quad (3.11)$$

где P – оператор Лапласа.

Если порядок объекта $n=1$, то выражение примет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{K \cdot e^{-P \cdot \tau}}{(T_1 \cdot P + 1)}. \quad (3.12)$$

По исходным данным определяем значения неизвестных параметров: $K=0,8$, $\tau=4$ с, $T_1=20$ с. Тогда после подстановки значений выше приведенных

параметров получаем окончательное выражение для передаточной функции объекта регулирования:

$$W_{об}(P) = \frac{0,8 \cdot e^{-4P}}{(20P+1)}. \quad (3.13)$$

Определим расширенные частотные характеристики объекта регулирования. Расширенные частотные характеристики какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена $W(P)$ оператора $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ или $p = -\eta + i \cdot \omega$, в выражениях для оператора Лапласа ω – частота, c^{-1} . В первом случае расчётные формулы метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы m , а во втором - получение границы заданной степени устойчивости системы η в пространстве параметров настройки регулятора.

Заменим в формуле (9) оператор $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{об}(m, i \cdot \omega) = \frac{0,8 \cdot e^{-4 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{(20 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)}. \quad (3.14)$$

Используя вычислительные программные средства, предварительно зададим начальное значение частоты $\omega = 0 \text{ c}^{-1}$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0.005 \text{ c}^{-1}$, после чего рассчитаем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega = 0,10 \text{ c}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\text{Re}_{об}(m, \omega) = \text{Re}(W_{об}(m, i\omega)). \quad (3.15)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\text{Im}_{об}(m, \omega) = \text{Im}(W_{об}(m, i\omega)). \quad (3.16)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{o\sigma}(m, \omega) = \sqrt{\operatorname{Re}_{o\sigma}^2(m, \omega) + \operatorname{Im}_{o\sigma}^2(m, \omega)}. \quad (3.17)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\sigma}(m, \omega) = \arctan\left(\frac{\operatorname{Im}_{o\sigma}(m, \omega)}{\operatorname{Re}_{o\sigma}(m, \omega)}\right). \quad (3.18)$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

частота ω , с^{-1}	$\operatorname{Re}_{o\sigma}(m, \omega)$	$\operatorname{Im}_{o\sigma}(m, \omega)$	$A_{o\sigma}(m, \omega)$	$\varphi_{o\sigma}(m, \omega)$, рад
0	0.8	0	0.64	0
0.005	0.811	-0.099	0.668	-0.122
0.01	0.802	-0.201	0.683	-0.246
0.015	0.77	-0.3	0.683	-0.371
0.02	0.72	-0.387	0.669	-0.493
0.025	0.656	-0.461	0.642	-0.612
0.03	0.583	-0.517	0.607	-0.725
0.035	0.506	-0.556	0.565	-0.832
0.04	0.431	-0.579	0.521	-0.931
0.045	0.36	-0.59	0.477	-1.023
0.05	0.294	-0.591	0.435	-1.109
0.055	0.235	-0.583	0.396	-1.188
0.06	0.183	-0.571	0.359	-1.261
0.065	0.137	-0.555	0.327	-1.329
0.07	0.097	-0.537	0.297	-1.393
0.075	0.062	-0.517	0.271	-1.452
0.08	0.032	-0.497	0.248	-1.507
0.085	0.006	-0.476	0.227	-1.559
0.09	-0.017	-0.456	0.208	1.534

Таблица 3.1 – Продолжение

частота ω , с^{-1}	$\text{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega)$	$\text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega)$	$A_{o\bar{o}}(m, \omega)$	$\varphi_{o\bar{o}}(m, \omega)$, рад
0.095	-0.037	-0.436	0.192	1.487

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (3.20)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega) + \text{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (3.21)$$

где K_p - коэффициент передачи ПИ-регулятора, T_u - постоянная интегрирования ПИ-регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 0,20 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,001 \text{ с}^{-1}$, определим настройки регулятора $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p в заданном диапазоне частот.

Результаты расчётов сведём в Таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчёта настройки ПИ - регулятора для 20 первых частот

частота ω , с^{-1}	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0	0	-1.25
0.001	0.00003	-1.237
0.002	0.00013	-1.223
0.003	0.00028	-1.209
0.004	0.0005	-1.195
0.005	0.00078	-1.181
0.006	0.00112	-1.167
0.007	0.00152	-1.153

Таблица 3.2 - Продолжение

частота ω , с^{-1}	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0.008	0.00199	-1.138
0.009	0.00251	-1.123
0.01	0.00309	-1.108
0.011	0.00374	-1.093
0.012	0.00444	-1.078
0.013	0.0052	-1.062
0.014	0.00602	-1.046
0.015	0.0069	-1.031
0.016	0.00783	-1.015
0.017	0.00883	-0.998
0.018	0.00988	-0.982
0.019	0.01098	-0.965
0.02	0.01215	-0.949

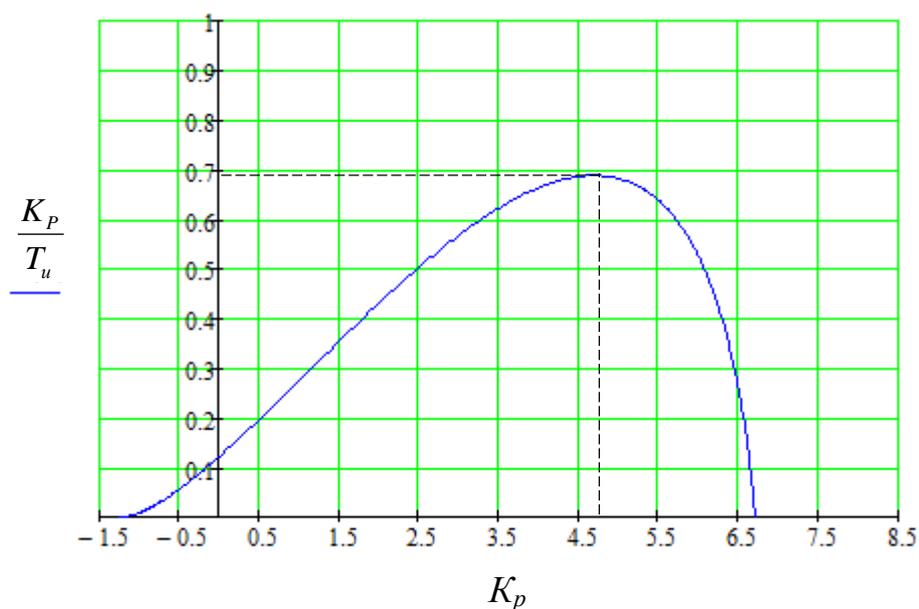


Рисунок 3.3 – Область параметров настройки ПИ-регулятора

Полученная кривая является линией заданной степени затухания $\Psi = \Psi_{зад} = 0,75$ процесса регулирования, что соответствует степени колебательности $m = 0,221$. Таким образом, все значения $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают определенную степень затухания (в данном случае $\Psi = \Psi_{зад} = 0,75$).

3.3 Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на Рисунке 3.3, до достижения экстремума принятого критерия качества. В качестве принятого критерия качества выбираем второй интегральный критерий.

Для апериодических и колебательных переходных процессов целесообразно применять квадратичную интегральную оценку типа:

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt. \quad (3.22)$$

Минимуму данной интегральной оценки соответствует точка $0,95 \cdot \max(K_p/T_u)$ на линии заданного запаса устойчивости в сторону большего значения частоты (правее максимума).

Используя данные Таблицы 3.2 и Рисунка 3.3, определяем значение $\max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,68829$, тогда получим следующие оптимальные параметры настройки ПИ – регулятора:

$0,95 \cdot \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,95 \cdot 0,68829 = 0,6538755$, из Рисунка 3.3 определяем соответствующие параметры настройки:

$$K_p = 4.687 \text{ и } \frac{K_p}{T_u} = 0,6538755.$$

Резонансная частота замкнутой системы $\omega_{рез} = 0,243 \text{ с}^{-1}$.

Определим постоянную интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}} = \frac{4.687}{0,6538755} = 7.168 \text{ с.}$$

3.4 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия

Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Запишем передаточную функцию:

$$W_{s-y} = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (3.23)$$

где $W_{об}(P)$ - передаточная функция объекта,

$W_p(P)$ - передаточная функция регулятора.

Используя программу MathCad, предварительно задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 10 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,05 \text{ с}^{-1}$, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР при регулирующем воздействии: $Re_{з.с.}(\omega)$. Результаты расчёта сведём в Таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчета ВЧХ замкнутой системы

частота $\omega, \text{ с}^{-1}$	$Re_{з.с.}(\omega)$
0	1
0.05	1.0632735
0.1	1.2167464

Таблица 3 - продолжение	0.15	1.3735518
	0.2	1.2675882
	0.25	-0.2928806
	0.3	-2.307121
	0.35	-1.7168753
	0.4	-1.0384707

Таблица 3.3 – Продолжение

частота ω , с ⁻¹	Re _{з.с.} (ω)
0.45	-0.6317288
0.5	-0.3836167
0.55	-0.2226462
0.6	-0.1126341
0.65	-0.0345037
0.7	0.0224765
0.75	0.0647074
0.8	0.0961942
0.85	0.1195383
0.9	0.136477
0.95	0.1481911
1	0.1554894
1.1	0.1588604
1.15	0.1555361
1.2	0.1490901
1.25	0.139597
1.3	0.1270957

Переходный процесс по каналу задающего воздействия рассчитываем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0.24} \frac{\text{Re}_{з.с.}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega, \quad (3.24)$$

где 0,24 частота среза, при которой график $Re(\omega)$ стремится к 0, определяется эта частота из графика ВЧХ.

Задав диапазон изменения времени переходного процесса $t=0\div 100$ с с шагом $\Delta t = 10$ с, рассчитываем переходный процесс в замкнутой АСР.

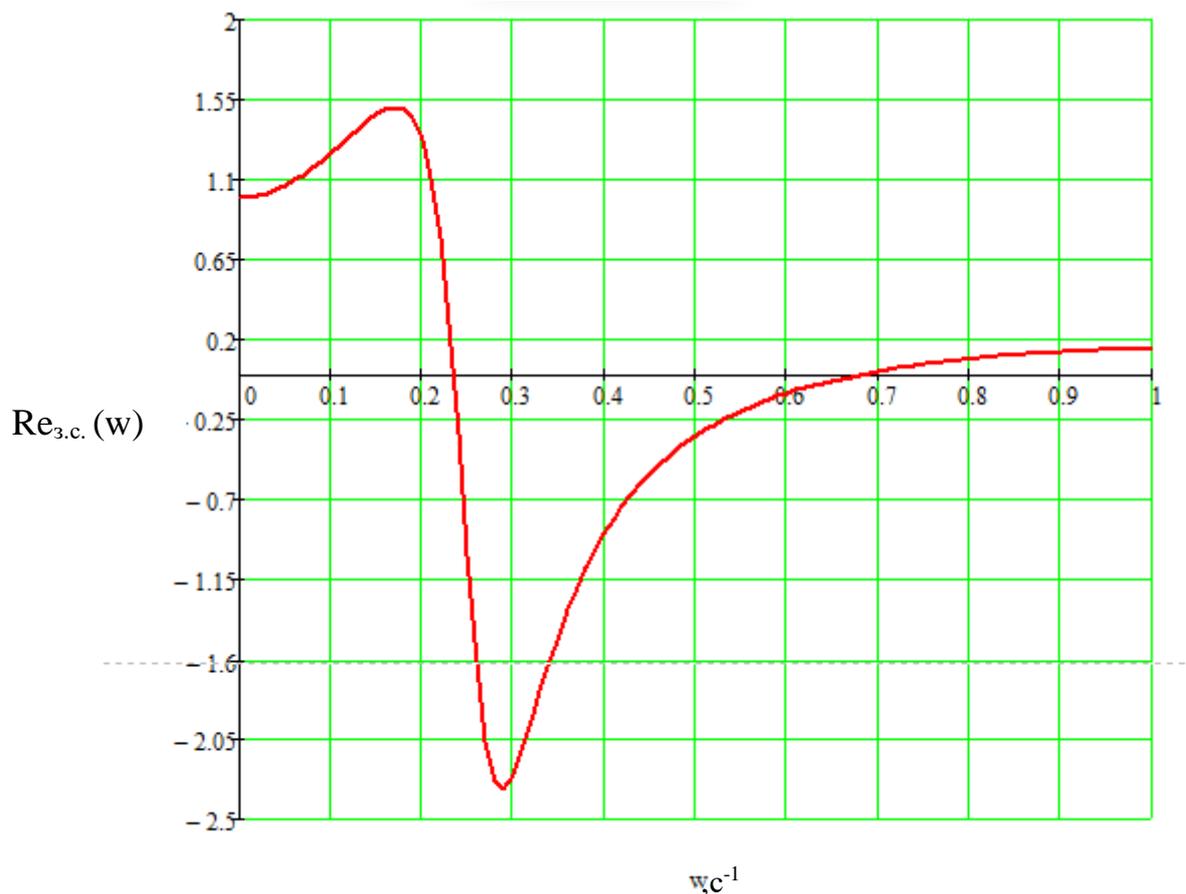


Рисунок 3.4 – График ВЧХ замкнутой системы

Результаты расчета представим в Таблицы 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

время t , с	$y(t)$
0	0
10	1.311
20	1.144

30	0.85
40	1.058
50	1.021
60	0.952
70	1.035

Таблица 3.4 – Продолжение

время t , с	$y(t)$
80	0.993
90	0.986
100	1.02

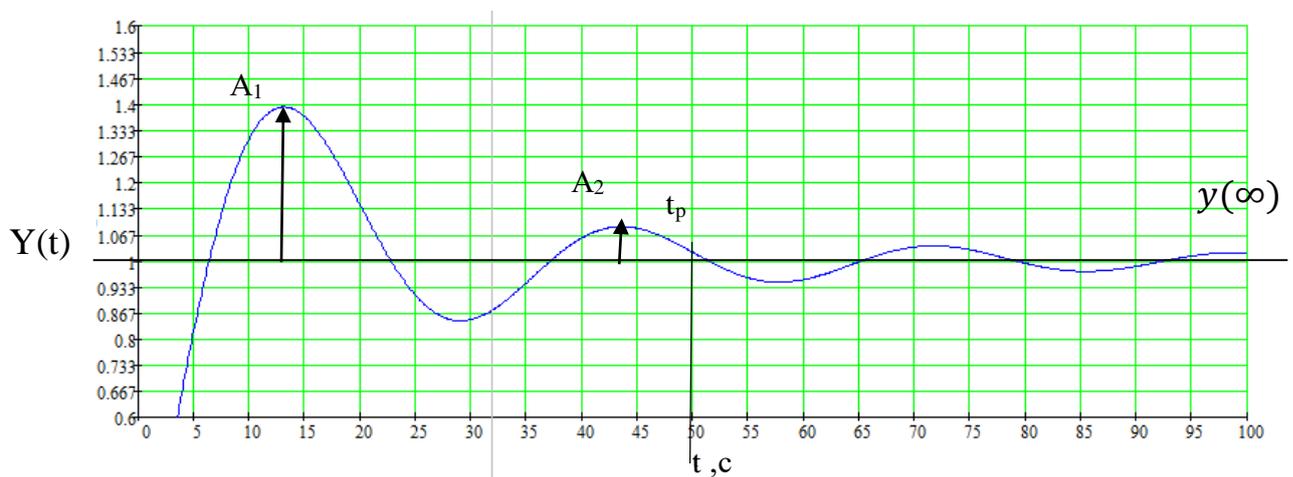


Рисунок 3.5 - Результат расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

3.5 Оценка качества регулирования

Под качеством регулирования понимают совокупность показателей или критериев, позволяющих оценить характер отклонения регулируемой величины под действием изменяющихся возмущений и судить о том, насколько система удовлетворяет поставленным требованиям при заданных конкретных ограничениях.

Используя данные Таблицы 3.4 и Рисунка 3.5, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР.

Прямые критерии качества:

1) максимальная динамическая ошибка $A_1=0,4$;

2) перерегулирование $\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{0,4}{1} \cdot 100\% = 40\%$,

где $y(\infty)$ - уровень установившегося значения регулируемой величины при времени переходного процесса t ;

3) степень затухания переходного процесса $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,08}{0,4} = 0,8$

где $A_2 = 0,08$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

4) статическая ошибка: $\varepsilon_{ст} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0$

где S – сигнал регулирующего воздействия $1(t)$;

5) время регулирования: при величине $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 1$, $t_p = 50$ с.

3.6 Переходный процесс при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия

Для построения переходного процесса нужно составить передаточную функцию системы по каналу регулирующего воздействия и по программе Mathcad рассчитать ВЧХ системы.

$$W_{f-y}(P) = \frac{W_{об}(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)} = \frac{W_{об}(P)}{1 + \frac{K_p \cdot T_u \cdot P + K_p}{T_u \cdot P} \cdot W_{об}(P)}, \quad (3.25)$$

Задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 0,40 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,008 \text{ с}^{-1}$, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР: $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$. Результаты расчёта сведём в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета ВЧХ системы

частота ω , с^{-1}	$\text{Re}_{3.с.}(\omega)$
0	0

Таблица 3.5 – Продолжение

частота ω , с^{-1}	$\text{Re}_{3.с.}(\omega)$
0.0001	0.0000001526
0.008	0.0009751
0.016	0.003834
0.024	0.008525
0.032	0.015
0.04	0.023
0.048	0.033
0.055	0.044
0.063	0.056
0.071	0.069
0.079	0.083
0.087	0.098
0.095	0.114
0.103	0.13
0.111	0.147
0.119	0.164
0.127	0.182
0.134	0.199
0.142	0.217
0.15	0.235
0.158	0.253
0.166	0.27
0.174	0.287
0.182	0.302

0.19	0.316
0.198	0.326
0.206	0.333
0.213	0.333

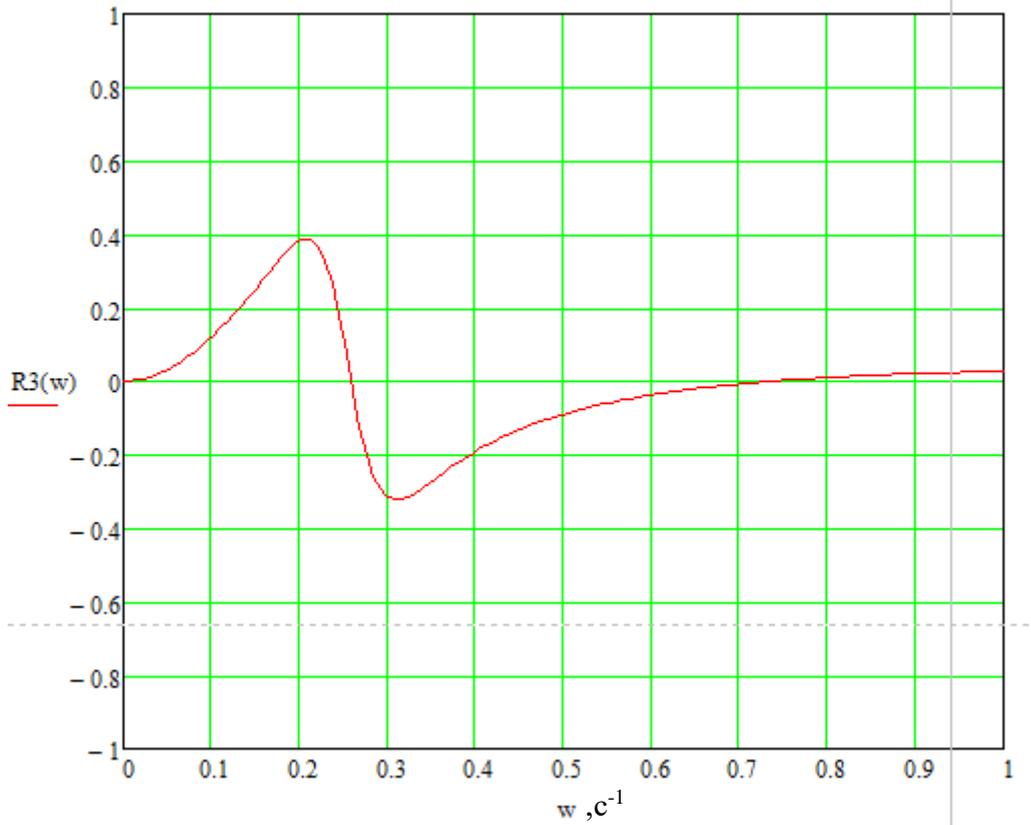


Рисунок 3.6 – График ВЧХ замкнутой системы по каналу возмущения

Переходный процесс по каналу регулирующего воздействия рассчитаем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0.28} \frac{\operatorname{Re}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega, \quad (3.26)$$

где 0,28 частота среза определяемая из графика ВЧХ изображенного на Рисунке 3.6. Задав диапазон изменения времени переходного процесса $t = 0 \div 100$ с с шагом $\Delta t = 10$ с, рассчитываем переходный процесс АСР по каналу регулирующего воздействия. Результаты представлены в Таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета переходного процесса АСР по каналу регулирующего воздействия

время t, с	y(t)
0	0

Таблица 3.6 – Продолжение

время t, с	y(t)
10	0.158
20	0.00067
30	-0.034
40	0.034
50	-0.02
60	0.005553
70	0.003871
80	-0.008055
90	0.008695
100	-0.007515

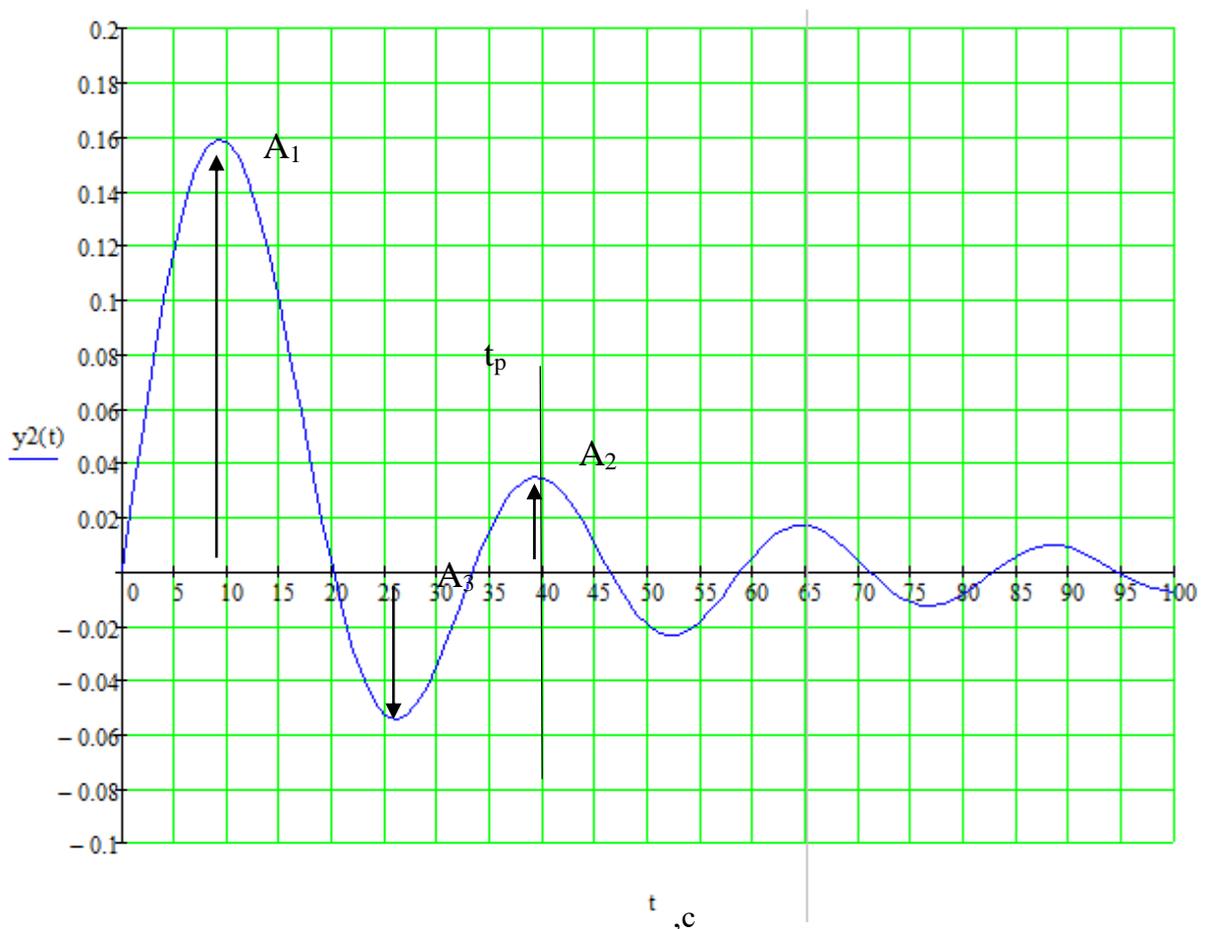


Рисунок 3.7 – График переходного процесса в АСР по каналу регулирующего воздействия

3.7 Оценка качества регулирования

Используя данные Таблицы 3.6 и Рисунка 3.6, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР по каналу регулирующего воздействия.

Прямые критерии качества:

1) максимальная динамическая ошибка $A_1=0,16$;

2) перерегулирование: $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100\% = \frac{0,053}{0,16} \cdot 100\% = 33.1\%$,

где $A_3 = 0,053$ - первое минимальное отклонение регулируемой величины;

3) динамический коэффициент регулирования $R_{д}$:

$$R_{д} = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100\% = \frac{0,16 + 0}{0,8} \cdot 100\% = 20\% ,$$

где $K_{об} = 0,8$ - коэффициент передачи объекта;

4) степень затухания переходного процесса: $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,034}{0,16} = 0,79 ,$

где $A_2 = 0,034$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

5) статическая ошибка: $\varepsilon_{ст} = y(\infty) = 0 ;$

6) время регулирования: $t_p = 40$ с при величине $\delta = 0,05$.

4 Мнемосхема проекта

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, стоимость системы регулирования, её надёжности и ремонтпригодности. Система автоматического регулирования может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы).

Полевой уровень включает в себя местные показывающие приборы, первичные средства измерения и датчики технологических параметров, исполнительные механизмы и органы местного управления. На нижнем уровне выполняется контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров; интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

К среднему уровню относятся щит управления, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые обеспечивают сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи. На среднем уровне выполняется сбор и первичная обработка технологической информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей, а также информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров газа; автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления; передача информации на верхний уровень.

На верхнем уровне выполняется сбор и концентрация информации о ходе технологического процесса от контроллеров и станций нижнего уровня управления; составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов; внутренняя обработка и хранение информации, формирование

базы данных; формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов; диагностики работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Структура управления – есть сумма всех частей автоматической системы, на которые она может быть поделена по какому-либо показателю. Также структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы. При этом эффективность работы объекта автоматизации, относительная стоимость, ремонтпригодность, а также надежность напрямую зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации.

В рамках настоящей работы рассматривается система приготовления вододизельного эмульсионного топлива. Система состоит из: хранилищ дизельного топлива, дистиллированной воды и двух различных эмульгаторов. Также для реализации микроэмульгирования этих компонентов в единую композицию система включает в себя специальный бак со смешивающим устройством по типу вертикально приводной мешалки. Для того чтобы добиться определённого состояния топлива необходимо регулировать ряд параметров, таких как: температура смешивающихся компонентов, объёмное соотношение смеси эмульгаторов и объёмное соотношение компонентов, а также регулировать частоту оборотов смешивающего устройства.

Так как зона приготовления топлива является взрывоопасной необходимо принять меры безопасности. Все компоненты будут подаваться в определённом количестве через трубопроводы в смешивающий бак, который в свою очередь закреплён на подвижной платформе. После того как все компоненты находятся в смешивающем баке, бак перемещается на станцию, где расположена вертикальная система смешивания. Эмульсионное топливо лучше всего приготавливать небольшими порциями, так как при

недостаточном перемешивании компонентов двухфазная жидкость обретает нежелательные физические свойства, например, такое как высокую вязкость.

Объектом автоматизации в данном проекте является работа насосов закачки/откачки и работа двухпозиционных задвижек.

Внешний вид мнемосхемы приведен на рис.4.1.

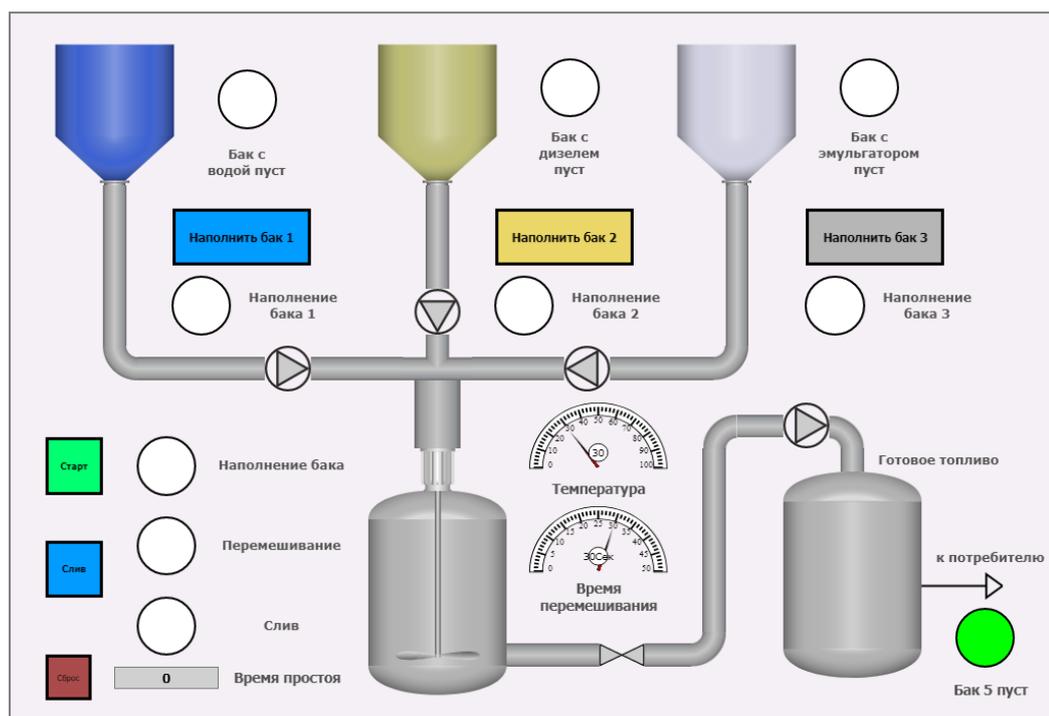


Рисунок 4.1 – Внешний вид мнемосхемы технологического процесса приготовления вододизельного топлива

Управление процессом топливоприготовления осуществляется оператором. На щит оператора выведена сигнализация, отображающая этап процесса, а также сигнализирующая о выполнении какого-либо действия. Управление осуществляется путём нажатия кнопок. При нажатии на кнопку старт запускается алгоритм, который позволяет в определённых пропорциях заполнить емкость перемешивания 3 компонентами, а также включается сигнализация процесса наполнения бака перемешивания. После того как бак заполнится, включается механизм перемешивания, работающий в двух

режимах. Работа механизма перемешивания сопровождается соответствующей сигнализацией. 1 режим: если бак хранения пуст, то производится перемешивание в течение определённого промежутка времени и последующая перекачка готовой продукции в бак хранения. 2 режим: если бак хранения заполнен, перемешивающий механизм будет работать до тех пор, пока не освободится емкость хранения. И уже после этого будет осуществляться перекачка готового топлива. Опустошение бака хранения осуществляется путём нажатия кнопки слив. Процесс слива продукции из бака хранения сопровождается соответствующей сигнализацией. Баки с исходными компонентами имеют индикацию уровня, как и все баки, представленные на мнемосхеме. Данные емкости имеют сигнализацию опустошения. Если происходит опустошение одного из баков, загорается соответствующая лампа и вся технология останавливается. Наполнение баков с исходным веществом осуществляется путём нажатия соответствующей кнопки. Также в работе системы предусмотрена защита от случайного нажатия оператором на кнопки старта и слива, во время выполнения алгоритма заполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 5Б5В	ФИО Ашихмину Александру Евгеньевичу
-----------------------	---

Школа Уровень образования	ИШЭ Бакалавриат	НОЦ Направление	И.Н. Бугакова 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
-------------------------------------	---------------------------	---------------------------	--

Тема ВКР:

Автоматическая система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость зимнего дизельного топлива 45 900 руб./м ³ , стоимость микроэмульсионного вододизельного топлива 44 281 руб./м ³
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации – 40 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставки НДС и социального налога

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	–
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Выполнить
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Выполнить
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Выполнить

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.04.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОСГН	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Ашихмин Александр Евгеньевич		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является анализ финансово-экономических аспектов разработанной автоматической системы управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- 1) составить перечень работ и оценить время их выполнения;
- 2) составить смету затрат на проект;
- 3) составить смету затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта;
- 4) определить экономическую эффективность проекта.

5.1 Планирование работ и оценка времени выполнения

При организации процесса реализации проекта необходимо планировать занятость каждого из участников и сроки проведения работ. Для оценки времени выполнения проекта необходимо составить перечень всех выполняемых работ и время, затраченное на их выполнение. Для этого был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках разработки проекта, а также приведены исполнители по каждому виду работ, а также их загруженность.

Таблица 5.1 – Перечень работ и загруженность исполнителей

Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100%
Анализ литературы	Инженер	100%
	Научный руководитель	30%

Продолжение таблицы 5.1

Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Проведение экспериментальных исследований	Инженер	100%
Анализ результатов исследования	Инженер	100%
	Научный руководитель	50%
Разработка схмотехнической документации, подбор оборудования	Инженер	100%
	Научный руководитель	10%
Проектирование мнемосхемы	Инженер	100%
	Научный руководитель	10%
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	100%
Подведение итогов	Инженер	100%
	Научный руководитель	80%

Ожидаемая продолжительность работ оценивается с помощью опытно-статистического метода. Для расчета ожидаемой продолжительности работ воспользуемся экспертным способом, для этого воспользуемся следующей формулой:

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

где t_{min} – минимальное значение продолжительности работ, дн.;

t_{max} – максимальное значение продолжительности работ, дн.;

Для построения линейного графика проведения работ необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет длительности в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{\text{рд}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{вн}}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (5.2)$$

где $t_{\text{ож}}$ – вероятное (ожидаемое) значение продолжительности работ, дн.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающих влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, принимаем равным 1;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных издержек и согласование работ, принимаем равным 1;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (5.3)$$

где $T_{\text{к}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни (365);

$T_{\text{вд}}$ – выходные дни (52);

$T_{\text{пд}}$ – праздничные дни (10).

$$T_{\text{к}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

По данным Таблицы 5.1 составлена продолжительность этапов работ и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе (Таблица 5.2). Также построен линейный график осуществления проекта (Таблица 5.3).

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,4	–	1,69	–
Анализ литературы	НР, И	3	6	5,4	1,62	5,4	1,95	6,51
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	25	35	29	–	29	–	34,95
Анализ результатов исследования	НР, И	6	9	7,2	3,6	7,2	4,34	8,68
Разработка схмотехнической документации, выбор оборудования	НР, И	14	21	16,8	1,68	16,8	2,02	20,24
Проектирование мнемосхемы проекта	НР, И	8	12	9,6	0,96	9,6	1,16	11,57
Оформление пояснительной записки ВКР	НР, И	8	12	9,6	–	9,6	–	11,57
Подведение итогов	И	5	7	5,8	4,64	5,8	5,59	6,99
Итого:				84,8	13,9	83,4	16,75	100,51

Таблица 5.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Март						Апрель						Май						Июнь		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	1,69	–	■																				
2	1,95	6,51	■	■																			
3	–	34,95			■	■	■	■	■	■	■	■											
4	4,34	8,38									■	■	■										
5	2,02	20,24											■	■	■	■	■	■					
6	1,16	11,57															■	■	■	■			
7	–	11,57																		■	■	■	■
8	5,59	6,99																			■	■	■

НР – ; ■ И – ■

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

5.2.1 Расчет материальных затрат

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на материалы, расходуемые непосредственно в процессе выполнения работ. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи. Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов (5 ÷ 20 %).

Таблица 5.4 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4 500 листов	219	1 уп.	219
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Дизельное топливо	45,9	10 л.	459
Итого:			2228

Допустим, что ТЗР составляют 7 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТХР равны $C_{\text{мат}} = 2228 \cdot 1,07 = 2383,96$ руб.

5.2.2 Расчет затрат на заработную плату

Заработная плата – это вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера. Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-г}} = MO / 25,083, \quad (5.5)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{пр} = 1,1$; $K_{доп.зп} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ (при шестидневной рабочей неделе).

Таблица 5.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	33664	1342,1	14	1,699	31923,19
И	9489	378,3	84	1,699	53898,46
Итого:					85821,65

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, в нашем случае:

$$C_{соц} = C_{зп} \cdot 0,3 = 85821,65 \cdot 0,3 = 25746,5 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчет затрат электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_э, \quad (5.6)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_э$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_э = 5,748$ руб/кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется из расчета, что продолжительность рабочего дня инженера составляет 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t, \quad (5.7)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени.

В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_c, \quad (5.8)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности равен 1.

Таблица 5.6 – Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб.
Персональный компьютер	667·0,8	0,5	3067,13
Лазерный принтер	20	0,1	34,5
Магнитная мешалка	90	0,6	310,4
Криостат	90	2,5	1293,3
Итого:			4705,3

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данном разделе рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{ам} = \frac{H_a \cdot Ц_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \quad (5.9)$$

где H_a – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования (для шестидневной рабочей недели 2408 часов);

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Стоимость персонального компьютера составляет 50000 руб., время использования 534 часа, годовая норма амортизации оборудования 40 %, тогда амортизационные отчисления составляют:

$$C_{\text{ам.пк}} = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 534}{2408} = 4435,22 \text{ руб.};$$

Стоимость лазерного принтера составляет 20000 руб., время использования 60 часов, годовая норма амортизации оборудования 50 %, тогда амортизационные отчисления составляют:

$$C_{\text{ам.лп}} = \frac{0,5 \cdot 20000 \cdot 60}{2408} = 249,17 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 4684,39 руб.

5.2.6 Расчет прочих расходов

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1, \quad (5.10)$$

В данном случае:

$$C_{\text{проч}} = (2383,96 + 85821,65 + 30298,42 + 7056,25 + 4684,39) \cdot 0,1 = 13024,47 \text{ руб.}$$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Таблица 5.7 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2383,96
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	85821,65
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	30298,42
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	7056,25
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4684,39
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	13024,47

Таким образом, затраты на разработку $C = 143268,94$ руб.

5.2.8 Расчет прибыли

Поскольку мы не располагаем данными для применения сложных методов расчета прибыли примем её в размере 20 % от полной стоимости проекта: 28653,79 руб.

5.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(143268,94 + 28653,79) \cdot 0,2 = 34384,55$ руб.

5.2.10 Цена разработки проекта

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае цена составляет $C = 143268,94 + 28653,79 + 34384,55 = 206307,28$ руб.

5.3 Определение экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта.

Поскольку данная работа в первую очередь носит исследовательский характер, поэтому в данном случае возможно использование только относительных оценок.

Использование вододизельного микроэмульсионного топлива позволяет снизить расход дизельного топлива на 20 %. Исходя из этого можно сделать вывод, что при пересчете на 1 литр сжигаемого топлива получаем следующий экономический эффект, который определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = I_{\text{д.т.}} - I_{\text{э.т.}} \quad (5.11)$$

где $I_{\text{д.т.}}$ – издержки производства при использовании дизельного топлива;

$I_{\text{э.т.}}$ – издержки производства при использовании эмульгированного топлива.

Цена одного литра дизельного топлива с учетом ТЗР составляет 47 руб., следовательно, стоимость эквивалентного количества эмульгированного топлива составляет 45 руб., таким образом, предполагаемый экономический эффект при производстве соответствующего количества тепловой энергии:

$$\mathcal{E} = 47 - 45 = 2 \text{ руб.}$$

Данная оценка носит лишь приблизительный характер, для более точной оценки экономического эффекта требуется проведение дополнительных исследований на реальных энергетических установках. Также экономическая эффективность зависит от масштаба и характера применения, так как данное решение подразумевает затраты на производство топлива.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5В	Ашихмину Александру Евгеньевичу

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Автоматическая система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – электробезопасность; – пожарная безопасность.
2. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению и ликвидации ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.04.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент, ООД, ШИБ	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Ашихмин Александр Евгеньевич		

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

Промышленные объекты, задачей которых является производство топлива представляют опасность для окружающей среды, так же, как и любые другие объекты химической и нефтегазовой промышленности. Опасным фактором таких производств являются взрывоопасные компоненты, используемые для производства продукции. Так же немаловажным фактором является токсичность химических компонентов. Поэтому в помещении где хранятся и смешиваются компоненты топливных микроэмульсий необходима вентиляция. Для защиты от воздействия химических компонентов, при проведении профилактических работ, необходима специализированная одежда. Из-за работы насосов и смешивающей установки в производственном помещении создаётся шум, что также негативно влияет на организм человека и окружающую среду.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства является Конституция, т. е, законы и правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить ей. Существуют принятые нормы в области охраны труда:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004-2015.

6.2.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально

экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Рабочее место – место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Требования охраны труда – государственные нормативные требования охраны труда, в том числе стандарты безопасности труда, а также требования охраны труда, установленные правилами и инструкциями по охране труда (часть десятая введена Федеральным законом от 30.06.2006 N 90-ФЗ) (в ред. Федерального закона от 24.07.2009 N 206-ФЗ).

Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим кодексом, другими федеральными законами. Порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений (часть четырнадцатая введена Федеральным законом от 18.07.2011 N 238-ФЗ).

Также необходимо соблюдать временной режим работы персонала при проведении экспериментов. Время проведения экспериментов не должно превышать 4 часов. В противном случае возможно снижение внимательности и работоспособности персонала.

6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Выполняя планировку рабочего места, необходимо учитывать следующее:

- 1) проход слева, справа и спереди от стола должен составлять 500 мм;
- 2) расположение экрана монитора должно быть от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- 3) окраска дизайна ПЭВМ должна быть выполнена в спокойных мягких тонах;
- 4) корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны обладать матовой поверхностью и не иметь блестящих деталей, которые могут создавать блики;
- 5) конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы;
- 6) все электрооборудование необходимо размещать на оптимальном расстоянии от мест, в которых возможен прямой контакт оборудования с водой (раковины, открытые емкости с водой).

6.3 Профессиональная социальная безопасность.

6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Проведение экспериментальных исследований подразумевало работу с легковоспламеняющимися веществами, в частности дизельное топливо. Марки дизельного топлива классифицируют в соответствии с ГОСТ 305-82.

Дизельное топливо как типичный нефтепродукт при длительном и частом воздействии на кожный покров может привести к кожным заболеваниям. Попадая через кожный покров в организм человека дизельное топлива способно вызывать отравления. Пары нефтепродуктов также оказывают на

человека раздражающее и наркотическое действие. При больших концентрациях паров возможны потери сознания, а также нарушения сердечной деятельности.

Используемые в ходе проведения экспериментов жидкости являются легко воспламеняемыми. Пары дизельного топлива под действием источника зажигания способны вспыхивать при температуре 57 °С, поэтому при проведении экспериментов в обязательном порядке следует соблюдать правила пожарной безопасности (ППБ 01-03).

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

6.3.2.1 Микроклимат

Находясь на рабочем месте в производственном помещении человек подвержен влиянию определённых метеоусловий, или микроклимату рабочих помещений. Окружающая среда влияет на тепловое состояние организма. Основными параметрами производственного микроклимата являются действующими на организм человека температура влажность и скорость движения воздуха, а также температура окружающих поверхностей.

Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ с энергозатратами 150 ккал/час. Для данного типа работ допустимые величины микроклимата должны обеспечиваться при следующих условиях:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 4 °С.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать данным таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	21-23	60-40	< 0,1
Теплое	22-24	60-40	< 0,1

В Таблице 6.2 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 6.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более**
Холодный	І6 (140 – 174)	19,0 – 20,9	23,1 – 24,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	І6 (140 – 174)	20,0 – 21,9	24,1 – 28,0	15 - 75 *	0,1	0,3

* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями

** При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ, CO₂. Предельная норма содержания CO₂ в воздухе, согласно ГОСТ 12.1.005-88

«Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» составляют 20 мг/м³. Проблему уменьшения содержания СО₂ в воздухе также можно решить с помощью системы кондиционирования.

6.3.2.2 Шум

Одним из методов уменьшения воздействия шума в лаборатории является снижение или ослабление шума в его источниках – генераторы, нагреватели, нагнетатели, трансформаторы, вентиляторы, компрессоры. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума могут использоваться специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощения шума.

Таблица 6.3 – Допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-2014)

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ	99	92	86	83	80	78	76	74	85

6.3.2.3 Поражение электрическим током

В помещении с большим количеством аппаратуры, использующей однофазный электрический ток, промышленной частоты напряжением 220 В, есть вероятность электропоражения.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незащищенного от земли человека к незащищенным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

6.2.3.4 Тепловое воздействие

Во время работы с криостатом некоторые части оборудования сильно нагреваются (задняя крышка криостата, насосный отсек). Неосторожное обращение с нагретым оборудованием может привести к ожогам. Согласно ГОСТ Р 30331.4-95, мерами предосторожности являются:

- не прикасайтесь к нагретым частям оборудования во время его работы (или после завершения работы при остывании печи);
 - соблюдайте осторожность при работе с исследуемыми нагретыми образцами;
 - выполняйте все работы по обслуживанию и чистке оборудования только при полностью отключенном от сети питания оборудовании и после остывания нагретых частей;
 - используйте перчатки для защиты рук от ожогов.

6.2.3.5 Механическое воздействие

Существует опасность получения травмы подвижными элементами смешивающего устройства. Перед включением устройства следует убедиться в отсутствии каких-либо препятствий на пути лопастей.

Согласно ГОСТ Р 56257-2014, мерами предосторожности являются:

- при эксплуатации смешивающего устройства необходимо соблюдать все общие правила техники безопасности работы с механизмами;

- запрещается эксплуатация устройства при обнаружении неисправностей в работе механических или электрических компонентов. Продолжать работу разрешается только после устранения причин неисправностей специалистами;

- при эксплуатации необходимо следить за чистотой всех механизмов устройства и двигателя, периодически очищать их от пыли и грязи. Обтирочные материалы, которыми очищается устройство, не должны оставлять следов и ворса на протираемых поверхностях.

6.2.3. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя от действий опасных и вредных факторов

Для предотвращения ожогов при работе с криостатом необходима специализированная одежда, и выполнение техники безопасности для химических лабораторий.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током соблюдаются требования:

- при производстве монтажных работ используются только исправные инструменты, аттестованные службой КИПиА;

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов были заземлены;

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели запрещены;

- все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом;

- постоянное наблюдение за исправностью электропроводки.

Для уменьшения воздействия шума на организм человека были проведены следующие мероприятия:

- проверена точность сборки установки, для устранения люфтов;

для уменьшения загазованности и влажности в помещении устанавливается вытяжная система.

Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с нижним и верхним отсосом, обеспечивающей равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного. Приточно-вытяжная вентиляция во время проведения экспериментов работает постоянно.

6.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) – это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесуточного уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В процессе хранения дизельного топлива в открытых емкостях может происходить испарение. Пары нефтепродуктов, как известно, могут содержать значительное количество вредных веществ, таких как оксиды серы и азота.

Смешиваясь с воздухом вредные вещества могут нанести серьезный ущерб жизни и здоровью человеческого организма, а также может отразиться на состоянии окружающей среды. Поэтому хранение дизельного топлива необходимо производить в герметичном закрытом баке.

Дистиллированная вода и смесь поверхностно активных веществ не настолько губительны для окружающей среды и организма человека, но в целях безопасности и экономии компонентов хранение необходимо производить в герметичных закрытых баках.

6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Антропогенные выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ – один из основных факторов, обуславливающих изменение химического состава атмосферы и ее теплового баланса. Как показано в исследованиях, процессы добычи, переработки и сжигания органического топлива являются источником 80 % суммарных объемов выбросов в атмосферу, в том числе 90 % диоксида углерода, изменения содержания которого называют основной причиной современного повышения температуры.

Негативное влияние вредных компонентов на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на сотни и тысячи километров. Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для уменьшения воздействия паров дизельного топлива и смеси поверхностно активных веществ, выделяющихся при длительном хранении необходимо принять ряд мер по изоляции и герметизации емкостей хранения, а также узлов, производящих перекачку и слив как компонентов в отдельности, так и уже готовой вододизельной микроэмульсии. В качестве емкостей

хранения необходимо выбирать закрытые баки и уплотнителями на крышках и местах стыка трубопровода. Также рекомендуется произвести дополнительные меры по герметизации емкостей и узлов транспортировки.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В лаборатории и на производстве наибольшую опасность представляет возникновение возгорания. Поскольку топливо необходимо хранить, для дальнейшего сжигания, то существует вероятность воспламенения.

При эксплуатации необходимо контролировать состояние емкостей с горючим путем внешнего осмотра и измерения температуры в них. Признаками самовозгорания являются повышение температуры, появление характерного запаха.

Самой распространенной причиной возникновения пожара является нарушение противопожарных правил. Поэтому персонал должен эти правила хорошо знать и выполнять.

6.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Особое внимание стоит уделить пожаробезопасности и электробезопасности. При функционировании криостата существуют риски возникновения опасных ситуаций, как и при работе любого высокомоощного

электрического прибора. Так как установка работает в режиме нагрев/охлаждение, одним из таких рисков является перегрев оборудования выше температуры, рассчитанной для его стабильной работы, что может привести к воспламенению экспериментального стенда, а вследствие и лаборатории. Для предотвращения появления такой ситуации необходимо тщательно следить за изменением температуры в насосном отсеке и следить за правильностью подключения к электрической сети. Также, причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с возгоранием помещения, может послужить короткое замыкание в проводке экспериментального стенда. Поэтому, для предотвращения возгорания помещение должно быть оборудовано средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем), средствами связи.

6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Во избежание вышеперечисленных ситуаций необходимо осуществлять:

- 1) качественный монтаж технических средств автоматизации;
- 2) подбор кабелей нужного сечения;
- 3) произвести заземление оборудования;
- 4) при изнашивании какого-либо электрического элемента системы произвести его замену.

Заключение

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы разработана автоматическая система управления процессом приготовления вододизельного микроэмульсионного топлива.

Эта система является трехуровневой. Первый или полевой уровень включает в себя датчики измерения температуры, уровня, а также запорную арматуру и исполнительные механизмы с указателем положения. Средний уровень занимает регулирующее устройство, реализованное в качестве программируемого логического контроллера. А также имеется возможность управления процессом дистанционно с верхнего уровня системы управления посредством АРМ-оператора с установленной SCADA-системой.

Также разработан комплект проектной и конструкторской документации: структурная схема, функциональная схема, заказная спецификация, схема монтажная схема, принципиальная электрическая, перечень элементов, общий вид щита управления. Выполнен расчет оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.

При эксплуатации реальных объектов, работающих на вододизельных микроэмульсиях, важно контролировать состояние топлива. Экспериментально были определены температурные диапазоны стабильности топливных композиций в зависимости от концентрации ПАВ. Для эффективно использования микроэмульсионного топлива необходимо соблюдать температурные условия таким образом, чтобы температура микроэмульсии соответствовала диапазону устойчивого состояния.

Проведена оценка экономической эффективности проекта при его внедрении на практике.

Рассмотрено влияние вредных факторов на организм человека и окружающую среду в процессе работы технологического оборудования. Разработаны инструкции и мероприятия по устранению и минимизации влияния негативных факторов производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kadota T, Yamasaki H. Recent advances in the combustion of water fuel emulsion. *Prog Energy Combust Sci* 2002; 28:385–404.
2. Debnath BK, Saha UK, Sahoo N. A comprehensive review on the application of emulsions as an alternative fuel for diesel engines. *Renew Sustain Energy Rev* 2015; 42:196–211.
3. Lif A, Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems. *Adv Colloid Interface Sci* 2006;126:231–239.
4. Lijian Leng, Xingzhong Yuan, Guangming Zeng, Hou Wang. The comparison of oxidative thermokinetics between emulsion and microemulsion diesel fuel. *Adv Energy Conversion and Management* 2015; 101; 364–370
5. Neuma CD, Silva AC, Neto AAD. New microemulsion systems using diesel and vegetable oils. *Fuel* 2001; 80:75–81.
6. Lin YC, Lee WJ, Chao HR, Wang SL, Tsou TC, Chang Chien GP, et al. Approach for energy saving and pollution reducing by fueling diesel engines with emulsified biosolution/biodiesel/diesel blends. *Environ Sci Technol* 2008; 42:3849–55
7. A. Lif, K. Holmberg, Water-in-diesel emulsions and related systems, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2006; 123: 231–239.
8. R. Ochoterena, A. Lif, M. Nydén, S. Andersson, I. Denbratt, Optical studies of spray development and combustion of water-in-diesel emulsion and microemulsion fuels, *Fuel* 2010; 89: 122–132.
9. Debnath BK, Saha UK, Sahoo N. A comprehensive review on the application of emulsions as an alternative fuel for diesel engines. *Renew Sust Energ Rev* 2015; 42:196 – 211.
10. Lin Ch-Y, Lin Sh-A. Effects of emulsification variables on fuel properties of two- and three - phase biodiesel emulsions. *Fuel* 2007; 86:210 – 7.
11. Lim WH. Phase diagram, viscosity and conductivity of α - sulfonate methyl ester derived from palm stearin/1-butanol/alkane/water systems. *J Surfactants Deterg* 2006; 9:349 – 355.
12. P. Sherman *Emulsion since*, Academic Press, 1972.

13. Leng L, Yuan X, Zeng G, Wang H, Huang H, Chen X. The comparison of oxidative thermokinetics between emulsion and microemulsion diesel fuel. *Energy Convers Manag* 2015;101.
14. Acharya B, Dash S. Tuning commercial diesel to microemulsified and blended form: phase behavior and implications. *J Dispers Sci Technol* 2018; 10:1–10.
15. Najjar R, Heidari S. Modified diesel prepared by stabilization of water as nanodroplets in diesel/colza oil blend: Study of phase behavior and affecting parameters. *Fuel* 2018; 214:497–504.
16. Acharya B, Guru PS, Dash S. Tween-80–n-Butanol–Diesel–Water Microemulsion System—A Class of Alternative Diesel Fuel. *J Dispers Sci Technol* 2014; 35:1492–1501.
17. Mukherjee P, Padhan SK, Dash S, Patel S, Mohapatra PK, Mishra BK. Effect of temperature on pseudoternary system Tween-80–butanol–hexane–water. *J Colloid Interface Sci* 2011; 355:157–163.
18. Mukherjee P, Sahu S, Padhan SK, Dash S, Patel S, Mohapatra PK, et al. Temperature Induced Emulsification and Demulsification of Pseudoternary Mixtures of Tween80–Butanol–Kerosene–Water System. *Ind Eng Chem Res* 2011;50: 189–196.
19. Acharya B, Guru PS, Dash S. Tween-80–n-butanol/isobutanol–(Diesel+Kerosene)–Water microemulsions – Phase behavior and fuel applications. *Fuel* 2016; 171:87–93.
20. Altın R, Çetinkaya S, Yücesu HS. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. *Energy Convers Manag* 2001; 42:529–538.
21. Knothe G, Steidley KR. Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel* 2005; 84:1059–1065.
22. Arpornpong N, Attaphong C, Charoensaeng A, Sabatini DA, Khaodhiar S. Ethanol-in-palm oil/diesel microemulsion-based biofuel: Phase behavior, viscosity, and droplet size. *Fuel* 2014; 132:101–106.

23. Lif A, Stark M, Nydén M, Holmberg K. Fuel emulsions and microemulsions based on Fischer–Tropsch diesel. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp* 2010; 354:91–98.
24. Fanun M. *Microemulsions: Properties and Applications*. CRC Press 2008; 560 c.
25. David Julian McClements: Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities. *Soft Matter*. 2012; 8:1719.
26. P. Mukherjee, S.K. Padhan, S. Dash, S. Patel, P.K. Mohapatra, B.K. Mishra, Effect of temperature on pseudo-ternary system Tween-80–butanol–hexane–water. *J. Colloid Interface Sci.* 2011; 355, 157-163
27. Erdey, L., Gál, S., & Liptay, G, Thermoanalytical properties of analytical-grade reagents. *Talanta* 1964; 11(6), 913–940.
28. J. Oberdisse, Structure, interfacial film properties, and thermal fluctuations of microemulsions as seen by scattering experiments, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2017; 247 354–362.
29. K. Deguchi, K. Meguro, The effects of inorganic salts and urea on the micellar structure of nonionic surfactant, *J. Colloid Interface Sci.* 1975; 50: 223–227.
30. T. Gu, J. Sjöblom, Surfactant structure and its relation to the Krafft point, cloud point and micellization: Some empirical relationships, *Colloids and Surfaces*. 1992; 64: 39–46.
31. Y. Li, G. Xu, Y. Luan, S. Yuan, X. Xin, Property Prediction on Surfactant by Quantitative Structure-Property Relationship: Krafft Point and Cloud Point, *J. Dispers. Sci. Technol. - J DISPER SCI TECH.* 2005; 26: 799–808.
32. D.J. McClements, Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities, *Soft Matter*. 2012; 8: 1719–1729.
33. P. Mukherjee, S. Sahu, S.K. Padhan, S. Dash, S. Patel, P.K. Mohapatra, B.K. Mishra, Temperature Induced Emulsification and Demulsification of Pseudoternary Mixtures of Tween80–Butanol–Kerosene–Water System, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2011; 50: 11889–11896.

34. R. Ochoterena, A. Lif, M. Nydén, S. Andersson, I. Denbratt, Optical studies of spray development and combustion of water-in-diesel emulsion and microemulsion fuels, *Fuel* 2010; 89: 122–132.
35. S.K. Padhan, P. Mukherjee, A. Tiwari, S. Patel, B.K. Mishra, Temperature-induced phase separation in pseudoternary mixtures of Triton X-100–butanol–kerosene–water, *Soft Mater.* 2016; 14: 107–116.
36. S. Prévost, M. Gradzielski, T. Zemb, Self-assembly, phase behaviour and structural behaviour as observed by scattering for classical and non-classical microemulsions, *Adv. Colloid Interface Sci.* 2017; 247: 374–396.
37. T. Kadota, H. Tanaka, D. Segawa, S. Nakaya, H. Yamasaki, Microexplosion of an emulsion droplet during Leidenfrost burning, *Proc. Combust. Inst.* 2015; 31: 2125–2131.
38. Roisman I.V., Breitenbach J., Tropea C. *J. Fluid Mech.* 2018; 842: 87–101;
39. Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ Метран – 243 (50М) 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.td-utr.ru>. – Загл. с экрана.
40. Погружная термопара в алюминиевом корпусе EF4/T 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <http://www.vec-ing.ru> свободный. – Загл. с экрана.
41. Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <https://www.rospribor.com> свободный. – Загл. с экрана.
42. Погружной датчик уровня PIEZUS ALZ 3720 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <https://piezus.ru/alz-3720.html> свободный. – Загл. с экрана.
43. МЭО-100/25-0,25 М-99 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <http://cheber.ru> свободный. – Загл. с экрана.
44. ПЛК Элсима М01 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <http://elesy.ru/products/products/elsyuma.aspx> свободный. – Загл. с экрана.
45. ПЛК ЭЛСИ-ТМК 2019. [Электронный каталог]. – Режим доступа <http://elesy.ru/products/products/plc.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

46.СТО ТПУ 2.5.01-2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://standard.tpu.ru/docs/standorg/ВКР_ориг1.htm свободный. – Загл. с
экрана.