

Школа: Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 ООП/ОПОП: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике
 Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
АСУ микро-взрывной фрагментации капель суррогатных топлив в турбореактивных двигателях

УДК 681.5:621.452.32-6

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Антонов Дмитрий Владимирович	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	—		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ООП/ОПОП: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Атрошенко Ю.К.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич

Тема работы:

АСУ микро-взрывной фрагментации капель суррогатных топлив в турбореактивных двигателях	
Утверждена приказом директора ИШЭ	10.02.2023, № 41–34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом автоматизации является система топливоприготовления
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы; 2. Описание объекта автоматизации; 2. Разработка структурной схемы; 3. Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации; 4. Разработка монтажной схемы внешних проводов; 5. Разработка схемы электрической соединений; 6. Разработка общего вида щита управления; 7. Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества системы регулирования;

	8.Разработка мнемосхемы АСУ; 9.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 10. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1.Схема структурная АСУ; 2.Схема функциональная АСУ; 3.Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4.Схема электрическая соединений; 5.Перечень элементов электрической схемы; 6.Схема монтажная внешних проводок; 7.Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ст. преподаватель ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.23
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич		

Инженерная школа энергетики
 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Уровень образования бакалавриат
 НОЦ И.Н. Бутакова
 Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич

Тема работы:

АСУ микро-взрывной фрагментации капель суррогатных топлив в турбореактивных двигателях
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.23	Пояснительная записка	50
01.06.23	Чертежи	40
01.06.23	Презентационный материал	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	К.Т.Н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 101 с., 14 рис., 42 табл., 46 источников.

Ключевые слова: топливоприготовление; вторичная фрагментация; микро-взрывная фрагментация; вододизельные композиции; автоматизированная система управления; автоматизированное рабочее место; средства автоматизации; проектирование.

Объектом автоматизации является система топливоприготовления для установки с авиационным двигателем.

Цель работы – разработка на основе микропроцессорных устройств системы управления процессом микро-взрывной фрагментации в камере сгорания авиационного двигателя.

В процессе выполнения работы проведено математическое моделирование процесса фрагментации, проведен анализ объекта автоматизации, составлена структурная и функциональная схемы автоматизированной системы, разработана монтажная схема, разработана электрическая схема, включающая в себя схему питания и микроклимата, аналоговых входов, разработаны схемы дискретных входов и выходов, а также общий вид шкафа автоматизации, составлена спецификация и перечень элементов, разработана мнемосхема данной АСУ.

В результате работы разработана система управления параметрами процесса микро-взрывной фрагментации – приготовления в камере сгорания авиационного двигателя за счет регулирования состава топлива на основе современных средств автоматизации.

В числе преимуществ разработанной схемы можно отметить использование SCADA-системы, что позволяет осуществлять управление технологическим процессом на расстоянии.

Содержание

Введение.....	11
1. Научно исследовательская работа	13
1.1 Описание математической модели.....	14
1.2 Результаты проведенных исследований.....	16
2 Системный анализ объекта автоматизации.....	18
2.1 Описание назначения объекта автоматизации.....	18
2.2 Описание процессов, в которых непосредственно задействован объект автоматизации.....	18
2.3 Перечень регулируемых и контролируемых параметров.....	19
2.4 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий.....	19
3 Разработка структуры КТС автоматизированной системы регулирования	20
4 Разработка функциональной схемы АСР	23
5 Выбор приборов и средств автоматизации	25
5.1 Выбор измерительных преобразователей температуры	25
5.2 Выбор измерительных преобразователей расхода.....	26
5.3 Выбор измерительных преобразователей давления.....	27
5.4 Выбор исполнительного механизма	29
5.5 Выбор контроллера.....	31
6 Составление перечней входных и выходных сигналов	33
7 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления	35
7.1 Описание электрической принципиальной схемы.....	35
7.2 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами необходимыми для подсистем электрического питания и микроклимата щита управления	36
7.3 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы ввода аналоговых сигналов щита управления	39
7.4 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы управления исполнительным механизмом щита управления....	40
8 Составление перечня элементов щита управления	43

9	Разработка схемы соединений внешних проводок АСР	44
10	Разработка общего вида шкафа автоматизации	47
11	Расчет параметров настройки регулятора	49
11.1	Идентификация объекта управления	49
11.2	Расчет параметров настройки регулятора	52
12	Мнемосхема проекта	60
13	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
13.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	63
13.1.1	Анализ конкурентноспособности технических решений	63
13.1.2	Матрица SWOT	65
13.2	Планирование научно-исследовательских работ	67
13.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	67
13.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	67
13.3	Бюджет научно-технического исследования	72
13.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	72
13.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	72
13.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	75
13.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей	76
13.3.5	Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления)	76
13.3.6	Накладные расходы	77
13.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	77
13.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	78
13.5	Выводы по разделу	80
14	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	83
14.1	Производственная безопасность	84
14.1.1	Повышенный уровень шума	85
14.1.2	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	87

14.1.3 Повышенный уровень общей вибрации	89
14.1.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.....	89
14.1.5 Производственные факторы, связанные с химическим воздействием на организм работающего человека	91
14.2 Экологическая безопасность	92
14.2.1 Атмосфера.....	92
14.2.2 Гидросфера	93
14.2.3 Литосфера	93
14.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
Выводы по разделу	95
Заключение	96
Список использованных источников	97

Введение

В настоящий момент вопрос повышения показателей экологичности и эффективности тепловых двигателей стал особенно значимым. Это обусловлено экологическим кризисом, вызванным парниковым эффектом и загрязнением окружающей среды. Исчерпание источников дешевого ископаемого топлива может стать вызовом для общества уже в ближайшие десятилетия.

Особенно чувствительной отраслью в таких условиях является авиация. Высокие требования, предъявляемые к надежности и производительности авиационных двигателей, заставляют постоянно проводить научные изыскания с целью оптимизировать процессы на каждом этапе работы двигателя. Наряду с исследованиями, направленными на разработку новых видов авиационного топлива, проводится поиск технических решений, позволяющих повысить эффективность двигателей.

Одним из способов повышения общей эффективности двигателей и снижения экологической нагрузки при умеренных затратах является улучшение горения топлива в существующих камерах сгорания. Повышение показателей горения в существующих камерах сгорания может быть достигнуто за счет применения вторичной фрагментации капель топлива. Вторичная фрагментация представляет собой разрушение двухжидкостной капли за счет помещения капли жидкости с меньшей температурой кипения (воды) в топливную оболочку. Вторичная фрагментация может происходить по одному из двух механизмов: паффинг и микро-взрыв. Паффинг – частичный выброс части воды, диспергированной в капле топлива, за пределы этой капли, в то же время при микро-взрыве происходит полное разрушение капли. Процесс вторичной фрагментации может привести к сокращению выбросов выхлопных газов при одновременном повышении производительности двигателя, не требуя какой-либо модификации самого двигателя [1, 2]. Вторичная фрагментация топливной капли позволяет многократно увеличить площадь испарения, что повышает скорость испарения жидкого топлива, а следовательно, и скорость сгорания,

снижает недожег и не позволяет топливной смеси оседать на стенки камеры сгорания. Это позволяет потенциально использовать в качестве авиационного топлива жидкости с низкой интенсивностью испарения, такие как масла. Применение вторичной фрагментации капель топлива с целью получения топливного аэрозоля является перспективной технологией, требующей дальнейшего изучения.

Для изучения поведения капель в процессе нагрева, испарения и фрагментации проводятся как экспериментальные исследования, так и математическое моделирование. В ходе исследований установлено влияние доли воды в двухжидкостных каплях на параметры вторичной фрагментации, такие как время задержки фрагментации и температуру в приповерхностном слое капли. Для поддержания стабильного процесса горения необходимо обеспечить регулирование доли воды в двухжидкостных каплях.

Важной задачей в рамках данной работы является создание комплекта конструкторской документации для автоматизированной системы управления параметрами процесса приготовления композиционного топлива.

Для достижения поставленной цели сформирован перечень задач:

- провести научное исследование по оценке влияния концентрации воды на задержку вторичной фрагментации;
- выполнить анализ объекта автоматизации;
- разработать комплект проектной документации;
- произвести расчет оптимальных параметров настройки ПИ - регулятора и прямых оценок качества системы;
- рассчитать затраты научно-технического исследования в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;
- рассмотреть вопросы безопасности в разделе «Социальная ответственность».

1 Научно – исследовательская работа

Водо-дизельные эмульсии представляют собой типичный пример двухжидкостных капель, их применение позволяет как повысить эффективность двигателей, так и снизить концентрации антропогенных выбросов [1]. Различают два основных режима фрагментации: паффинг и микро-взрыв [2]. Присутствие воды в топливе может привести к более длительным задержкам воспламенения из-за более низкой летучести и более высокой вязкости воды [3]. Снижение выбросов NOx обусловлено снижением температуры в цилиндре вследствие испарения воды [4].

Задача изучения процесса микро-взрывной фрагментации решается с помощью математического моделирования. Наиболее комплексные модели паффинга/микро-взрыва описаны в [5-7]. Хотя модели, описанные в этих статьях, играют важную роль в понимании физического явления микро-взрыва/паффинга, их полезность для инженерных приложений менее очевидна. Среди упрощенных моделей процесса можно упомянуть те, которые предложены в [1,8,9]. Основное внимание в модели, описанной в [1], уделяется прогнозированию времени задержки до паффинга/микро-взрыва. Считается, что этот параметр особенно важен для применения в инженерных задачах.

В [10] экспериментально изучены процессы взрывного распада нагретых капель топлива с изменением объемной доли воды. В данной работе показано, что время до микро-взрыва уменьшается с повышением температуры. Также в [11] определены минимальная температура нагрева и соотношение концентраций воды и легковоспламеняющейся жидкости. Сформулирован вывод о том, что именно негорючий низкокипящий компонент капли должен быть нагрет до температуры его кипения для начала распада. Кроме того, выявлена следующая закономерность, что при увеличении концентрации воды в капле увеличивается и время задержки распада капли. При этом с увеличением содержания воды растет также и количество вторичных капель, а значит и их суммарная площадь испарения.

Процессы испарения капель играют решающую роль в определении эффективности сгорания и характеристик антропогенных выбросов газотурбинных двигателей. Это связано с тем, что сгорание обычно представляет собой диффузионное горение, при котором распыление и испарение капель напрямую влияют на полноту выгорания [12,13].

Цель настоящей работы – экспериментальное и численное определение условий и характеристик процессов нагрева и испарения водотопливных капель в потоке высокотемпературных газов для установления влияния размеров водяного ядра на характеристики микро-взрывного распада.

1.1 Описание математической модели

Численное моделирование выполнялось в программе COMSOL Multiphysics. При решении задачи используется метод конечных элементов. Процессы теплообмена и испарения изучаются в воздухе при атмосферном давлении (101325 Па). Температура газовой среды принималась равной 700 К, а начальная температура двухжидкостной капли 300 К.

Схема области решения представляет собой каплю воды радиусом R_w , которая располагается в центре топливной оболочки радиусом R_d ($R_d > R_w$), как показано на рисунке 1.

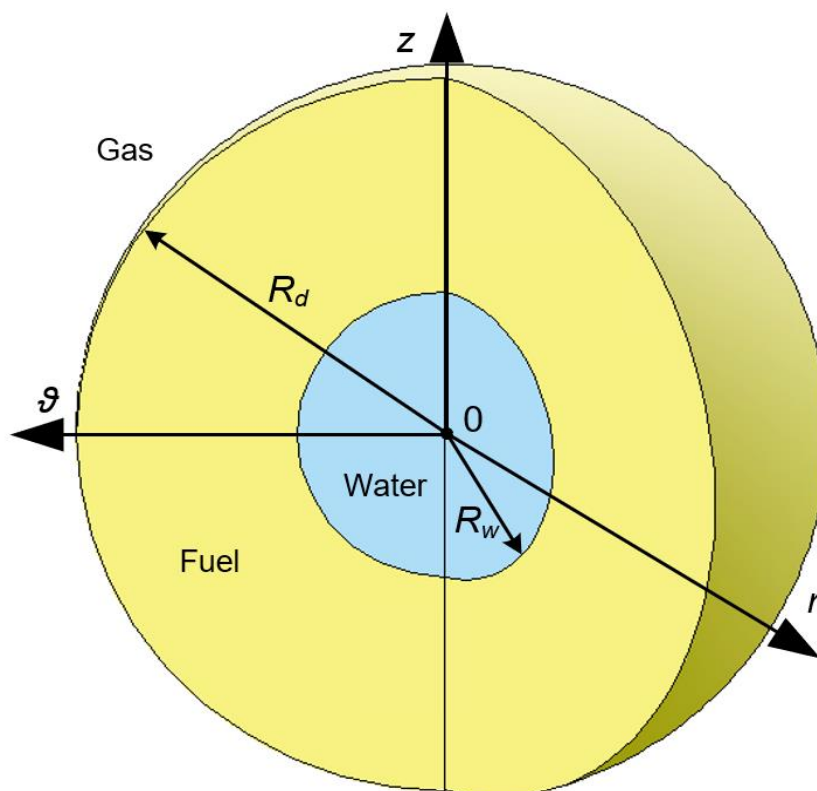


Рисунок 1 – Схематическое изображение модели расчетной капли

Начальные условия при создании модели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Начальные условия при разработке модели

№	Параметр	Значение
1	Атмосферное давление	101325 Па
2	Температура газовой среды	700 К
3	Начальная температура капли	300 К

Топливная оболочка моделируемой капли представляет собой смесь из 4-х углеводородов, аппроксимирующая керосин. Массовое содержание компонентов приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Массовое содержание веществ в смеси углеводородов, аппроксимирующей керосин

	Н - декан	Изоцетан	Тетралин	Метил-циклогексан
Массовая концентрация	0.492	0.202	0.104	0.202

С использованием разработанной модели получены типичные поля скоростей и температур внутри двухжидкостной капли (рис. 2). В поле скоростей наблюдается формирование множества вихревых течений как в топливной оболочке, так и в водяном ядре.

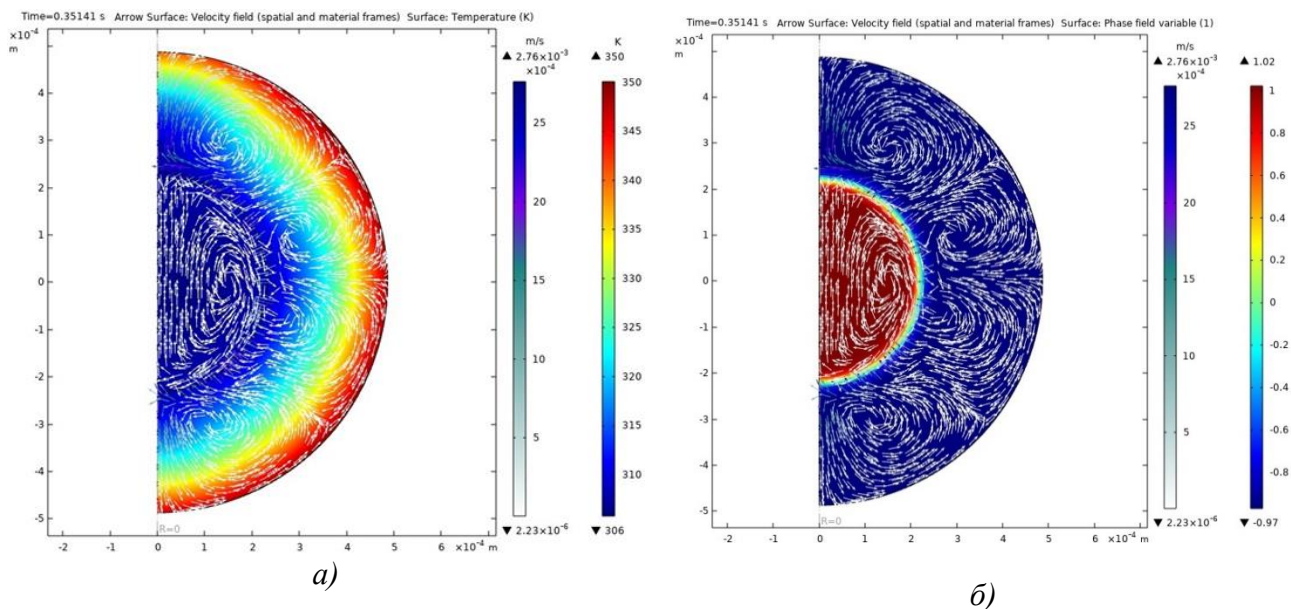


Рисунок 2 – Типичные поле скоростей при $t = 0.35141$ с при наложении: а) на поле температур; б) на фазовое поле

Применение полной модели для исследования затруднено значительными вычислительными затратами: характерное время расчета составляет порядка 34 часов. В связи с чем, для оценки влияния размеров водяного ядра на время задержки используется упрощенная модель, в которой не учитывается конвективные течения в капле.

1.2 Результаты проведенных исследований

Данная работа направлена на оценку влияния размеров водяного ядра на характеристики процесса теплообмена и испарения. Проведено исследование влияния варьируемой величины γ (доли воды в двухжидкостной капле) на время от начала нагрева до распада капли. Распадом капли считается момент, когда на границе раздела водяного ядра и топливной оболочки достигается температура кипения воды, что согласуется с экспериментальными

наблюдениями [11]. Зависимость времени задержки распада капли от доли воды приведена на рисунке 3.

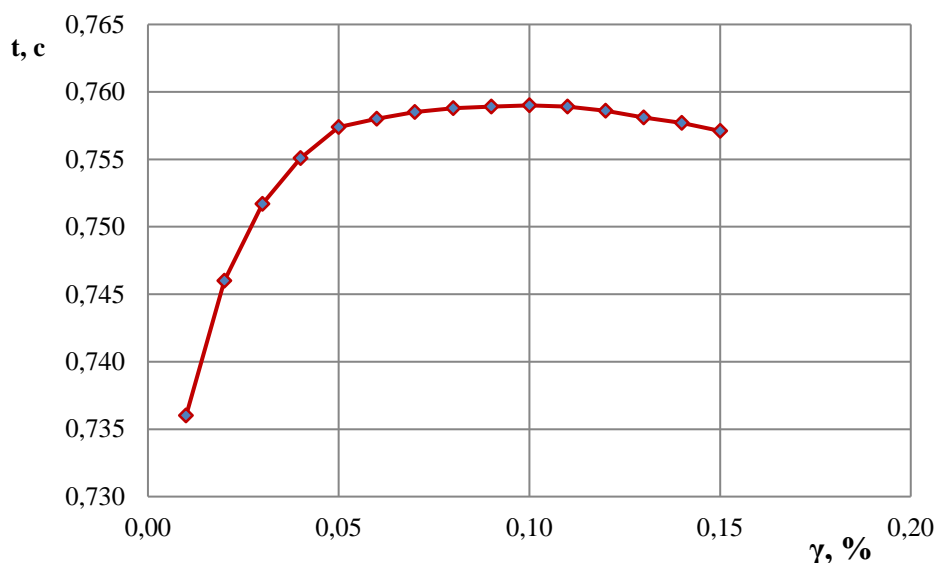


Рисунок 3 – Зависимость времени задержки распада капли от доли воды

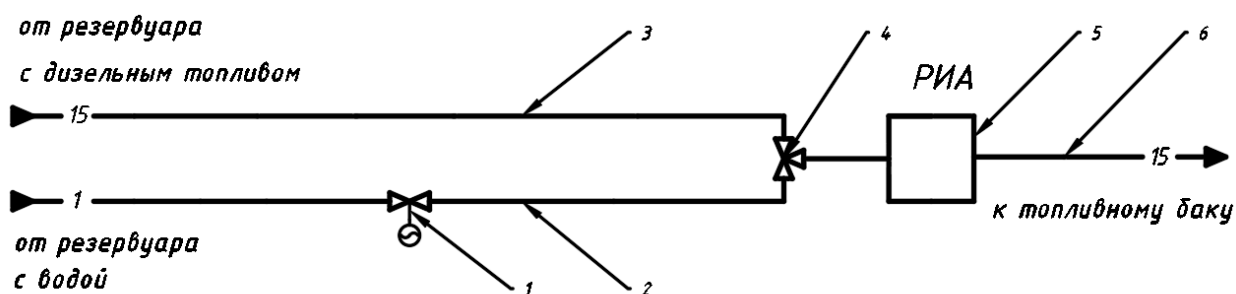
Время задержки распада увеличивается с ростом концентрации воды в капле. При этом наиболее быстрое увеличение происходит при малом содержании воды (от 1 % до 5 % от объема капли), что согласуется с наблюдениями, полученными в [11]. Наибольшее время распада зафиксировано при объемной доле воды $\gamma = 10\%$. При дальнейшем увеличении концентрации воды время задержки несколько снижается, что может быть связано с тем, что граница раздела приближается к поверхности капли. Данный эффект связан с упрощениями модели. Проведенная работа позволяет сделать вывод об оптимальной концентрации воды в двухжидкостной капле, необходимой для достижения наилучших параметров фрагментации.

Концентрация воды, рекомендуемая для дальнейшей работы: $\gamma = 10\%$. Выбор данной концентрации объясняется стремлением обеспечить стабильную фрагментацию при температурах окружающего воздуха в интервале $200\text{ }^{\circ}\text{C} - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Время задержки распада при увеличении доли воды от 5 % до 10 % по результатам моделирования увеличивается не существенно, но при значительном увеличении числа вторичных фрагментов, согласно [11].

2 Системный анализ объекта автоматизации

2.1 Описание назначения объекта автоматизации

Объектом автоматизации является система приготовления композиционного топлива, состоящая из роторного импульсного аппарата, электрозадвижки, смесителя и трубопроводов. Регулирование параметров приготовления композиционного топлива представляет собой процесс обеспечения постоянства массовых долей компонентов (дизельного топлива и воды) композиционного топлива. На рисунке 1 приведена схема система приготовления композитного топлива.



РИА - роторно импульсный аппарат

Рисунок 4 – Схема топливоподачи: 1– электрозадвижка,

2 – трубопровод подачи воды, 3 – трубопровод подачи дизельного топлива,

2 – смеситель, 5 – роторный импульсный аппарат, 6 – трубопровод подачи

водо-дизельного топлива

2.2 Описание процессов, в которых непосредственно задействован объект автоматизации

Принцип работы системы приготовления композиционного топлива, основан на регулировании расхода воды с помощью электрозадвижки, при этом объемный расход воды подстраивается под объемный расход дизельного топлива. С помощью датчиков температуры и давления определяется плотность компонентов и вычисляется массовый расход дизельного топлива. Задается

необходимый объемный расход воды и выдается управляющее воздействие на задвижку.

2.3 Перечень регулируемых и контролируемых параметров

Список регулируемых и контролируемых параметров представлен в таблице 3.

Таблица 3– Список регулируемых и контролируемых параметров

Контролируемые параметры	Регулируемые параметры
Давление воды (2-8 бар.)	Объемный расход воды
Давление дизельного топлива (2-8 бар.)	
Температура воды (20-80 °С)	
Температура топлива(20-80 °С)	
Объемный расход воды (0,5-2 м ³ /ч)	
Объемный расход топлива (4-16 м ³ /ч)	
Угол поворота задвижки на водяном тракте (1,57–9,42 рад.)	

2.4 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий

В таблице 4 представлен список возмущающих и регулируемых воздействий.

Таблица 4 – Список возмущающих и регулирующих воздействий

Возмущающие воздействия	Регулирующие воздействия
Температура воды	Регулирование объемного расхода воды
Температура топлива	
Расход топлива	

3 Разработка структуры КТС автоматизированной системы регулирования

При разработке проекта автоматизации необходимо определить структуру управления. Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры управления называется структурной схемой [14].

При разработке структурной схемы АСР приготовления композиционного топлива в качестве основы использованы схема регулирования соотношения расходов при заданной общей нагрузке, а также структурная схема коррекции соотношения коэффициентов по третьему параметру. Структурные схемы, рассмотренные при разработке структурной схемы АСР приготовления композиционного топлива, приведены на рисунке 5.

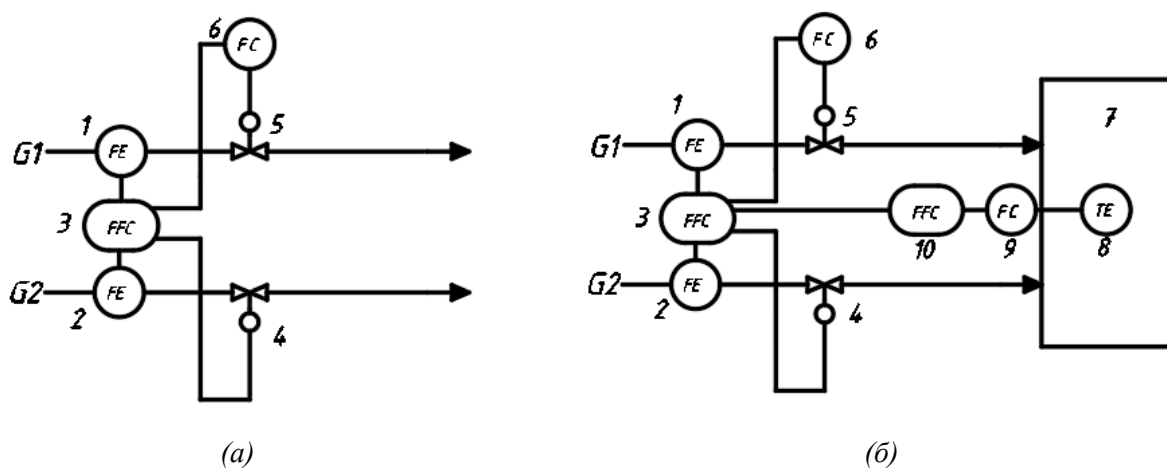


Рисунок 5 – Структурная схема регулирования соотношения расходов при заданной общей нагрузке (а), структурная схема коррекции соотношения коэффициентов по третьему параметру (б), где 1, 2 – измерители расхода, 3 – регулятора соотношения, 4,5 – регулирующие клапаны, 6 – регулятор расхода, 7 – технологический аппарат, 8 – измеритель температуры, 9 – регулятор температуры, 10 – устройство ограничения

Для выполнения необходимых требований подачи топлива необходимо контролировать и регулировать параметры, применяемые при работе данной

системы. На рисунке 4 приведена структурная схема АСР приготовления композиционного топлива.

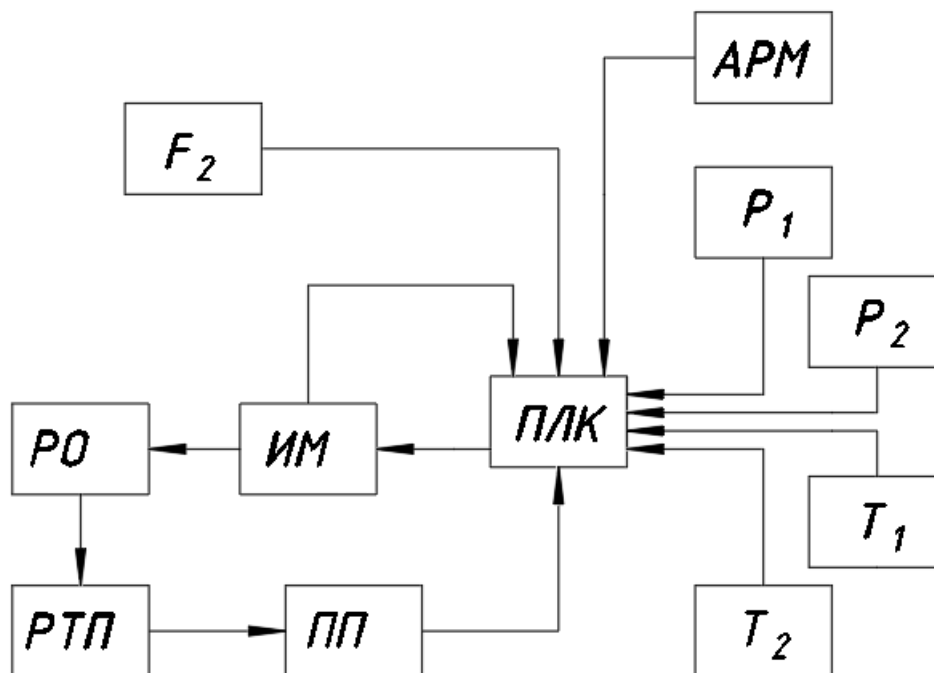


Рисунок 6 – Структурна схема АСР параметров приготовления композитного топлива, где: РТП – регулируемый технологический параметр (объемный расход воды); АРМ – автоматизированное рабочее место; ПП1 – первичный преобразователь (ротационный расходомер); ПЛК – программируемый логический контроллер; ИМ1 – исполнительный механизм (электропривод); РО1 – регулирующий орган (задвижка); P_1 – давление воды; P_2 – давление дизельного топлива; T_1 – температура воды; T_2 – температура дизельного топлива; F_2 – объемный расход дизельного топлива

Регулируемым технологическим параметром при производстве вододизельного композитного топлива является объемный расход воды. Ротационный расходомер (ПП1) снимает данные об объемном расходе дизельного топлива и передает нормированный электрический сигнал на программируемый логический контроллер (ПЛК). Ротационный расходомер (ПП2), в свою очередь, снимает данные об объемном расходе воды.

Параллельно с этим на ПЛК поступает информация о температуре и давлении воды и дизельного топлива (T_1, T_2, P_1, P_2), подаваемых в РИА.

Основываясь на данной информации, ПЛК вычисляет плотности компонентов и их массовые расходы. Полученные величины сравниваются с заданными. В случае расхождения заданного значения параметра с фактическим, вырабатывается управляющее воздействие, которое передается на электропривод (ИМ1). Он приводит в действие задвижку (РО1), которая регулирует подачу компонентов топлива в РИА.

Так как в схеме используется ПЛК, то исключается использование блока ручного управления, задатчиков регулируемых параметров, стабилизирующего и корректирующего регуляторов, т.к. их функции может выполнять контроллер. Пусковое устройство не используется, так как его заменяет электропривод. Кроме того, дистанционное ручное управление возможно будет производить с автоматизированного рабочего места оператора.

Разработанная структурная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.014 С1.

4 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональная схема – схемо-технический документ, предназначенный изложения основного технологического процесса, протекающего в системе. На функциональной схеме показаны взаимосвязи отдельных частей технологической цепочки, принцип действия, а также взаимодействие с датчиками и другими техническими средствами системы автоматизации.

В процессе разработки функциональной схемы необходимо решить следующие задачи:

- изучить технологическую схему автоматизируемого объекта;
- определить местоположение точек отбора информации;
- выбрать структуру измерительных каналов;
- выбрать методы и технические средства обработки информации;
- контроль технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования, их регистрация;
- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображено в виде контуров, упрощённых до такой степени, которая позволяет показать взаимосвязь отдельных частей технологической цепи, так и принцип её действия, а также взаимодействие с датчиками, не перегружая при этом чертеж [15]. На рисунке 7 изображен фрагмент функциональной схемы АСР топливоприготовления.

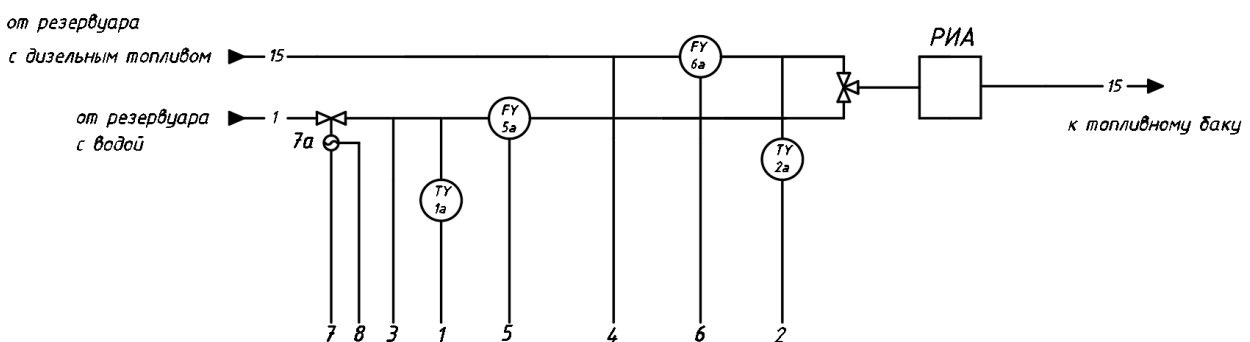


Рисунок 7 – Фрагмент функциональной схемы

Дизельное топливо поступает под давлением из своего резервуара. Вода также поступает под давлением из своего резервуара. Для регулирования подачи воды используется электрозадвижка.

Для производства композиционного топлива используется ротационно-импульсный аппарат (РИА), в котором происходит смешение двух фаз и создание устойчивой водо-дизельной эмульсии. Полученное водо-дизельное композиционное топливо подается в топливный бак.

Изображение первичных преобразователей, исполнительных механизмов представляет собой окружность, от которой отходит линия связи с присвоенным ей номером. От них отводятся линии связи с номером измерительного или управляющего канала. Все эти линии затем ведутся в шкаф автоматизации, в котором находится контроллер.

Определены измерительные каналы (1-6, 8) и канал регулирования (7). Измерительные каналы 1 и 2 служат для передачи сигналов о величинах температур воды и дизельного топлива, соответственно. Сигналы поступают от термопреобразователя сопротивления с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА на контроллер. Измерительные каналы 3 и 4 служат для передачи сигналов о величине давления воды и дизельного топлива, соответственно. Сигналы поступают от измерительного преобразователя давления с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА на контроллер. По каналу 5 на контроллер передается значение расхода воды с помощью ротационного преобразователя расхода. По каналу 6 на контроллер передается значение расхода дизельного топлива. Сигнал поступает также с ротационного преобразователя расхода. Канал 8 используется для определения положения задвижки. По каналу 7 передается управляющий сигнал на электрозадвижку. Канал 8 используется для определения положения вала.

Разработанная функциональная схема автоматической системы регулирования представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.014 С2.

5 Выбор приборов и средств автоматизации

5.1 Выбор измерительных преобразователей температуры

В качестве датчиков температуры рассмотрены следующие аналоговые преобразователи температуры с унифицированным токовым выходным сигналом: ТПС Метран-2000, Элмер ТПУ-205, ОВЕН типа ДТС065.И. [16, 17, 18]. В таблицах 5 – 7 приведены сравнительные характеристики этих приборов.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика ОВЕН типа ДТС065.И

Характеристика	Величина
Диапазон унифицированного сигнала	4-20 мА
Класс точности	0,5
Длина монтажной части	60...2000 мм
НСХ	Pt 100
Межповерочный интервал	4 года
Диапазон измеряемых температур	-50...+500 °С
Наработка на отказ, не менее	6 лет

Таблица 6 – Технические характеристики датчика ТПС Метран-2000

Характеристика	Величина
Диапазон унифицированного сигнала	4-20 мА
Класс точности	0,5
Длина монтажной части	60...3150 мм
НСХ	50М
Межповерочный интервал	5 лет
Диапазон измеряемых температур	-50...+150 °С
Наработка на отказ, не менее	8 лет

Таблица 7 – Технические характеристики датчика Элмер ТПУ-205

Характеристика	Величина
Диапазон унифицированного сигнала	4-20 мА
Класс точности	0,5
Длина монтажной части	60...2000 мм
НСХ	Pt 100
Межповерочный интервал	2 года
Диапазон измеряемых температур	-50...+200 °С
Наработка на отказ, не менее	15 лет

Технические характеристики данных измерительных преобразователей температуры примерно схожи и удовлетворяют требованиям. В этом случае, учитывается, что при более узком диапазоне измерений повышается точность. Беря во внимание данный параметр, можно сделать вывод, что наиболее подходящим датчиком температуры является ТПС Метран-2000.

5.2 Выбор измерительных преобразователей расхода

В качестве датчиков расхода рассмотрены ротационные расходомеры «ЭМИС»-ПЛАСТ 220 и SUP-LWGY [19, 20]. Технические характеристики расходомеров приведены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Технические характеристики ЭМИС-ПЛАСТ-220

Характеристика	Величина
Выходные сигналы	4-20 мА, цифровой стандарта RS-485, импульсный
Класс точности	0,5
Условный проход трубопровода	8...300 мм
Диапазон измерения	0,8...2000 м ³ /ч
Рабочая температура	-60...+200 °С

Продолжение таблицы 8

Диапазон рабочего давления	До 8 МПа
Степень пылевлагозащиты	IP65
Температура окружающей среды	-60...+80 °С

Таблица 9 – Технические характеристики SUP-LWGY

Характеристика	Величина
Выходные сигналы	4-20 мА
Класс точности	0,5
Условный проход трубопровода	20...100 мм
Диапазон измерения	0,8...6 м ³ /ч
Рабочая температура	-10...+30 °С
Диапазон рабочего давления	До 4 МПа
Степень пылевлагозащиты	IP65
Температура окружающей среды	-10...+30 °С

При анализе технических характеристик видно, что ротационный расходомер ЭМИС-ПЛАСТ-220 удовлетворяет требованиям системы. Кроме того, расходомер SUP-LWGY подходит по диапазону измерений только для оценки расхода воды. То есть для трубопровода дизельного топлива необходимо выбрать другой расходомер. Выбор данного прибора ведет к избыточному расширению номенклатуры, что не желательно. Можно сделать вывод, что расходомер ЭМИС-ПЛАСТ-220 является оптимальным решением.

5.3 Выбор измерительных преобразователей давления

В качестве датчиков давления рассматриваются следующие аналоговые преобразователи с унифицированным токовым выходным сигналом: ДД Метран-150CG3, ДД ЭНИ-100, ОВЕН ПД200-ДИ модель 315 [21, 22, 23]. Характеристики приборов приведены в таблицах 10 –12.

Таблица 10 – Технические характеристики ДД Метран-150CG3

Характеристика	Величина
Выходные сигналы	4-20 мА, цифровой по протоколу HART
Диапазон измерения	0 ... 68 МПа
Класс точности	0,5
Рабочая температура	-40...+149 °С
Диапазон рабочего давления	0..250 кПа
Степень пылевлагозащиты	IP66
Температура окружающей среды	-40...+85 °С
Межповерочный интервал	4 года
Средний срок службы, не менее	15 лет

Таблица 11 – Технические характеристики ДД ЭНИ-100

Характеристика	Величина
Выходные сигналы	4-20 мА, цифровой по протоколу HART
Диапазон измерения	0... 60 МПа
Класс точности	0,5
Рабочая температура	-60...+200 °С
Диапазон рабочего давления	До 16 МПа
Степень пылевлагозащиты	IP66
Температура окружающей среды	-60...+80 °С
Межповерочный интервал	5 лет

Таблица 12 – Технические характеристики ОВЕН ПД200-ДИ модель 315

Характеристика	Величина
Выходные сигналы	4-20 мА, цифровой по протоколу HART

Продолжение таблицы 12

Диапазон измерения	0...1 МПа
Класс точности	0,1
Рабочая температура	-40...+100 °С
Степень пылевлагозащиты	IP65
Температура окружающей среды	-20...+70 °С
Межповерочный интервал	2 года

После проведения анализа технических характеристик можно увидеть, что датчик давления Метран-150CG3 удовлетворяет требованиям системы, ДД ЭНИ-100 также им соответствует, как и ОВЕН ПД200-ДИ модель 315. В данном случае, необходимо учитывать величину диапазона измерения. При меньшей величине диапазона меньше погрешность. С учетом этого фактора, можно сделать вывод, что оптимальным вариантом является ДД Метран-150CG3.

5.4 Выбор исполнительного механизма

В качестве исполнительного механизма выбран механизм электрический однооборотный (МЭО). Для того, чтобы верно определить тип МЭО, необходимо произвести расчет максимального крутящего момента и сравнить его с номинальным. Максимальное значение крутящего момента рассчитывается по формуле:

$$M_{\max}^{кр} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 50 - 338 = 6,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Необходимо выполнение следующего условия:

$$M_H > M_{\max}^{кр}.$$

Выбираем задвижку с электроприводом. При выборе опираемся на номинальный диаметр и максимальное значение крутящего момента. В качестве ИО рассматриваются следующие устройства: DN 040 PN-16ROM-A, ГЗ 220В VANTA 24-006-907, задвижка чугунная ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с электроприводом ГЗ-А.70/12, 220В [24, 25, 26].

Таблица 13 – Технические характеристики DN 040 PN-16ROM-A

Характеристика	Величина
Тип задвижки	Шиберная
Условный диаметр, мм	50
Номинальный крутящий момент, Н·м	50
Номинальное время полного хода выходного вала, с	30
Степень защиты	IP68
Напряжение питания, В	110/220

Таблица 14 – Технические характеристики ГЗ 220В VANTA 24-006-907

Характеристика	Величина
Тип задвижки	Клиновaя
Условный диаметр, мм	50
Номинальный крутящий момент, Н·м	50
Номинальное время полного хода выходного вала, с	50
Степень защиты	IP65
Напряжение питания, В	220

Таблица 15 – Технические характеристики задвижка чугунная ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с электроприводом ГЗ-А.70/12, 220В

Характеристика	Величина
Тип задвижки	Клиновaя
Условный диаметр, мм	50
Номинальный крутящий момент, Н·м	70
Номинальное время полного хода выходного вала, с	40
Степень защиты	IP65

Продолжение таблицы 15

Напряжение питания, В	220
-----------------------	-----

Выбрана задвижка чугунная ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с электроприводом ГЗ-А.70/12, 220В, так как она обладает наиболее высоким моментом вращения из рассмотренных вариантов. Помимо этого данная электрозадвижка имеет возможность установки механических ограничителей, что повышает надежность в случае непредвиденных ситуаций.

5.5 Выбор контроллера

При выборе контроллера необходимо учитывать большое число разнообразных факторов, которые зависят не только от рода управляемой системы, но и от того, является ли система новой или контроллер выбирается для модернизации уже существующей системы.

При модернизации системы необходимо учитывать преимущество оборудования, подготовку обслуживающего персонала и работников ремонтных служб, кроме того важную роль играет запас комплектующих, сформированный на предприятии и пр. При разработке новой системы управления эти вопросы обладают меньшей важностью, а проблема совместимости оборудования отсутствует вообще.

При выборе контроллера для систем управления основной задачей является, наиболее полное удовлетворение технических требований на разработку автоматической системы (требования к информационным, управляющим и вспомогательным функциям, а также к техническому, программному, метрологическому и организационному обеспечению, к диагностике и техническому обслуживанию системы и др.). В данной работе рассмотрены моноблочный контроллер ОВЕН 160ПЛК, а также модульный ПЛК ЭЛСИ-ТМК [27, 28]. Сравнительные характеристики устройств приведены в таблицах 16, 17.

Таблица 16 – Технические характеристики ОВЕН 160ПЛК

Характеристика	ОВЕН 160ПЛК
Напряжение питания	220 В, 50 Гц
Количество дискретных входов	16
Количество аналоговых входов	8
Количество дискретных выходов	12
Количество аналоговых выходов	4

Таблица 17 – Технические характеристики ПЛК ЭЛСИ-ТМК

Напряжение питания	24 ± 4 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	40 В А
Диапазон контроля температур	-25...+60 °С
Аналоговых входов/выходов	8/8 шт.
Цифровых входов	5 шт.
Дискретных входов/выходов	16/32 шт.
Интерфейс связи	RS-232, RS-485
Средний срок службы	15 лет

Выбран модульный контроллер Элси ТМК. Основным преимуществом данного ПЛК перед альтернативным является блочная конструкция, позволяющая использовать его в условиях изменяющихся параметров системы, в том числе в случае ее расширения.

Выбранные технические средства, необходимые для реализации проектируемой системы, приведены в заказной спецификации, представленной на ФЮРА.421000.014. СО1.

6 Составление перечней входных и выходных сигналов

Перечень входных и выходных сигналов является неотъемлемым и фундаментальным документом при описании системы АСУ ТП. Таблица ввода-вывода содержит информацию о составе и свойствах сигналов подаваемых на объект и снимаемых с него, диапазона измерений, пороговых границ, типов приборов, тип защит и пр. В таблице 18 приведен перечень входных сигналов, а в таблице 19 – перечень выходных сигналов.

Таблица 18 – Перечень входных сигналов

Тип сигнала	Наименование сигнала
Входной сигнал	
Аналоговый	Измерение: Давление воды
	Измерение: Давление дизельного топлива
	Измерение: Расход воды
	Измерение: Расход дизельного топлива
	Измерение: Температура воды
	Измерение: Температура дизельного топлива
	Измерение: Положение регулирующей задвижки
Дискретный	Задвижка, сигнализация: Открыто
	Задвижка, сигнализация: Закрыто
	Задвижка, сигнализация: Остановлено

Таблица 19 – Перечень выходных сигналов

Выходной сигнал	
Дискретный	Задвижка: Открыть
	Задвижка: Закреть
	Задвижка: Стоп

7 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

7.1 Описание электрической принципиальной схемы

На принципиальной электрической схеме изображаются устройства и элементы, входящие в состав системы, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и др.) и соединения между ними. Если схема выполняется на нескольких листах или заранее неизвестно размещение устройств на месте, то допустимо изображение элементов на схеме без учета расположения.

Для разработки 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 разработке электрической схемы необходимо учитывать блочное устройство ПЛК Элси ТМК. Используются 5 модулей контроллера Элси ТМК (1 источник питания TP 712 024 DC, 1 модуль центрального процессора TC 712A8 – 1005 ETH, 1 модуль ввода аналоговых сигналов TA 716 8I DC, 1 модуль ввода дискретных сигналов TD 721 16I 024DC, 1 модуль вывода дискретных сигналов TK 712 32O 24 DC).

Для ввода аналоговых сигналов в щите предусмотрены разделительные преобразователи ET-422, которые обеспечивают гальваническую развязку цепей контроллера и полевых цепей, сигнал с которых поступает на соответствующие блоки контроллера.

В данном разделе была разработана принципиальная электрическая схема АСР параметров процесса приготовления композиционного топлива, которая приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.014 Э4.

7.2 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами необходимыми для подсистем электрического питания и микроклимата щита управления

Для подсистем электрического питания и микроклимата в щит автоматизации установлено освещение, источник бесперебойного питания, аккумуляторный модуль, вентилятор, защиту от перенапряжений, а также дополнительное оборудование для работы всей системы.

Электропитание шкафа осуществляется от распределительного щита питания переменным напряжением 220 В, 50 Гц. Питание устройств внутри щита осуществляется с помощью блока питания 24 В.

В конструкции предусмотрена установка устройства защиты от перенапряжений, предназначенного для защиты оборудования, подключенного к линиям электропитания переменного тока 220 (230) В, от напряжений, вызванных электромагнитными импульсами высоких энергий. Выберем УЗИП PLT-SEC-T3-230-FM-UT. Данное устройство состоит из защитного штекера и базового элемента с зажимом. Номинальное напряжение: 230 В. Размеры: 101x17,7x74,5.

В качестве источника питания используется источник бесперебойного питания EF A UPS 1AC/24DC-4. ИБП выбран по нагрузке. Для определения потребляемой мощности рассчитана общая мощность установки. Мощность рассчитывается как сумма нагрузки датчиков и модулей контроллера.

$$N_{\text{сумм}} = \sum N_{\text{дат}} + \sum N_{\text{модули}} ;$$

$$N_{\text{сумм}} = (1+1+2,4+2,4+1,2+1,2) + 32 = 41,2 \text{ Вт.}$$

После расчета нагрузки электрической установки выбираем питания блок питания мощностью 100 Вт. ИБП EF A UPS 1AC/24DC-4 обладает следующим перечнем характеристик. Входное напряжение: 220В (230В); выходное напряжение: 24В. Размеры: не более 62x132x132 мм, масса: не более 1,1 кг. Срок службы не менее 15 лет.

Для источника бесперебойного питания установим аккумуляторный модуль. Выберем АБ-24 МП-12 компании ЭлеСи. Номинальное напряжение у данного модуля 24 В. Масса – не более 9 кг; размеры: 256x156x110.

В шкафу предусмотрено внутреннее рабочее освещение (лампа EL1) для обслуживания и ремонта. Выберем лампу PLD E 409 W 350/F. Электропитание – 230 В, 50 Гц; срок службы – 50000 ч. Вес – 0,89 кг; размер – 315x91x44.

Вентиляторы используются для охлаждения шкафа, тем самым способствуя улучшению стабильности работы и увеличению ресурса оборудования. Выбран вентилятор R5RV12230. Степень защиты у вентилятора IP54. Потребляемая мощность – 22 Вт. Напряжение питания – 230 В. Габариты устройства – 150x150 мм.

Для автоматического включения лампы при открытии и выключения при закрытии дверцы ШУ предназначен концевой выключатель R5MC01. Размеры: 39x31x101.

Температура воздуха внутри шкафа контролируется термореле типа ЕКР ТNC10М. Диапазон показания регулировочной шкалы: 0...60°C. Рабочее напряжение 230 В. Уставка реле принимается равной 30°C. Габариты устройства – 60 x33x43 мм.

Электрическая установка должна оснащаться защитой от перенапряжения. Для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсов тока на землю, снижения амплитуды перенапряжения до уровня, безопасного для электрических установок и оборудования. Для обеспечения безопасной работы электроустановки выберем автоматический выключатель Schneider Electric EASY9 ВА 2П 16А. Номинальный ток – 16 А. Номинальное рабочее напряжение – 230 В. Габариты устройства – 81x36x66 мм.

Для подключения устройств к электрической сети выбрана розетка EO-CF/UT.

Для подключения пассивного разделительного аналогового преобразователя выбрана вилка MC 1,5/5-STGF-3,81.

Для обеспечения заземления оборудования ЩУ подобрана панель заземления ЦМО ПЗ-19-500.200А. К панели заземления подключается установленное в шкафу оборудование, требующее заземления. Шина изготовлена из меди. Количество соединений – 18. Размеры: 500x20 мм.

Для блока зажимов ХТ0-1 выбраны следующие клеммы: 1 – 3, 7 клеммы – STS 2,5-TWIN OG 3037504; 4 – 6 клеммы – STS-2,5-TWIN BU 3036275, 8 клемма – STS 2,5-TWIN-PE 3031733. Также подобрана перемычка FBS 3-5.

Для блока зажимов ХТ0-2 подобраны следующие клеммы: 1 – 20 клеммы – STS 2,5-TWIN 3031720; 21 клемма – STS 2,5-TWIN-PE 3031733. Также подобрана перемычка FBS 3-5.

Для подключения лампы и вентилятора выбран кабель ПВС 3x0,75; для подключения концевого выключателя: ПВС 2x0,75.

В ходе работы описан общий принцип действия подсистемы питания. Щит управления питается от переменного напряжения 220 В, 50 Гц. На схеме это изображено в области 2В. После ввода питания установлен клеммник ввода питания. На линиях L1, N1 установлен автоматический выключатель QF1 для ввода питания. Ниже ввода питания изображена розетка, к которой подводятся PE и L1, N1 через автоматический выключатель QF2. Ввод питания и защита от перенапряжений Z01 подключается через провода L3 и N3. От Z01 провода L7 и N4 подключаются к источнику бесперебойного питания G1. Для ИБП предусмотрен аккумуляторный модуль GB1. Он подключается к ИБП с помощью проводов 3, 4, 5, 6. От источника бесперебойного питания идет напряжение 0В и +24В на отдельный блок зажимов ХТ0-2.

К клеммам 1 и 5 блока зажимов ХТ0-1 проведены L3 и N3 от защиты от перенапряжений Z01. На блоке зажимов установлены перемычки с 1 на 2 и с 5 на 6. Блок зажимов ХТ0-1 отвечает за питание подсистем освещения и вентиляции. С 1 клеммы происходит расключение L3 на термореле КК1 и концевой выключатель SQ1. С термореле L6 подается на реле К01, подключенную к N3 на 4 клемме. Фаза L3 коммутируется на концевом выключателе SQ1, а фаза L4 подается на клемму 3. С нее L4 вместе с N3 и PE

идет на осветительный прибор. С клеммы 2 L3 подается на коммутатор реле K01.1 с него фаза идет на клемму 7. С нее фаза подается на вентилятор. Нейтраль подключается с клеммы 6.

В схеме предусмотрено подключение микроклимата. Так как щит будет стоять в здании, значит предусмотрим только максимальную температуру, при которой будет функционировать щит. Когда температура превысит 30 °С, контакты реле КК1 замкнутся и подадут питание на вентилятор.

7.3 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы ввода аналоговых сигналов щита управления

Энергообеспечение контроллера осуществляется, за счет модуля питания, обозначенного А1. Выбран модуль питания TP 712 024 DC на 24 В. Номинальное напряжение на входе 24 В. Максимальная рассеиваемая мощность – 7 Вт. Диапазон рабочих температур –5°С..+60 °С. Подключение питания модуля осуществляется через кабель КР 712-1,5.

Для осуществления связи с оператором и обработки данных, необходим процессорный модуль, подключенный к АРМ через кабель Ethernet. Выбран модуль ТС 712А8 – 1005 ЕТН. Встроенные коммуникации (интерфейс): Ethernet – 2шт; RS – 232 – 1 шт; USB 2.0 – 1 шт. Максимальная потребляемая мощность – 7 Вт. Диапазон рабочих температур –5°С..+60°С.

Выбран модуль аналогового входа для принятия унифицированного токового сигнала, ТА 716 8I DC. Количество входов – 8 шт. Максимальная потребляемая мощность – 7 Вт. Диапазон рабочих температур –5..+60°С. Диапазон измерения постоянного тока – 4..20 мА. Подключение модуля ввода аналоговых сигналов производится через кабель КА716-1,5.

Для осуществления передачи сигнала и обеспечения гальванической развязки цепей контроллера и датчиков используются измерительные разделительные преобразователи Элеси ЕТ422. Характеристики данных преобразователей приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Характеристики преобразователя ET422

Характеристики	ET422
Количество каналов, шт.	2
Вход/выход тока, мА.	Любой токовый сигнал/4...20
Потребляемая мощность, Вт.	5,5
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+60

Все используемые модули подсоединяются к панели ТК 711 6 для механического объединения модулей контроллера ЭЛСИ – ТМК В и организации электрических соединений между модулями и для монтажа контроллера на месте установки. Количество подключаемых модулей: модуль питания – 1; процессорный модуль – 1; интерфейсный модуль – 6. Срок службы – 20 лет. Диапазон рабочих температур –5..+60°С.

7.4 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы управления исполнительным механизмом щита управления

Для управления исполнительным механизмом и сигнализации его состояния использованы модули дискретного вывода и ввода. Выбран модуль дискретного ввода – TD721 16I 024DC и дискретного вывода – TD 712 32O 24DC. Модуль дискретного ввода TD721 16I 024DC обладает следующими характеристиками: количество входов 16 шт.; максимальная потребляемая мощность 3 Вт; диапазон рабочих температур -5°С..+60°С. Индикация режимов работы: Сброс модуля; Инициализация; Рабочий режим; Авария модуля. Модуль дискретного вывода TD 712 32O 24DC обладает следующими характеристиками: количество входов 32 шт.; максимальная потребляемая мощность 6 Вт; диапазон рабочих температур -5°С..+60°С. Индикация режимов работы: сброс модуля; инициализация; рабочий режим; авария модуля.

Подсистема управления исполнительным механизмом включает в себя реле (PLC-RSC-230UC/21, на 220 В и PLC-RPT-24UC/21HC на 24 вольта). Сигналы электрозадвижки вынесены на блок зажимов ХТ03.

В схеме присутствуют плавкая вставка FU1, которая нужна для защиты оборудования от короткого замыкания, подключенная к клемме 1.

У данной задвижки по 3 дискретных входных и выходных сигнала.

На клеммы 1 и 18 приходит питание электрозадвижки с листа 1, L7 и N4 соответственно.

Катушки реле К4, К5, К6 расположены на листе 3 и подключены к модулю дискретных выходов. А их контакты, отвечающие за сигналы «Открыть», «Закрыть» и «Стоп», расположены на листе 4 (К4.1, К5.1 и К6.1).

Контакты катушек реле К1, К2 и К3 находятся также на листе 3.

Контакты этих реле отвечают за сигналы «Перегрузка» «Открыто» и «Закрыто».

К7 и К8 – реле для самоподхвата. Когда контроллер подает питание на реле, реле замыкает контакты, после чего фаза идет на реле, а при появлении питания, замыкаются контакты реле К7.1 и размыкаются контакты К7.2. Контакт размыкается для того, чтобы одновременно нельзя было закрыть привод после подачи сигнала «Открыть», а замыкаются контакты для самоподхвата. Когда приходит сигнал, питание идет на контакты, которые замыкаются при появлении питания, после чего задвижка начинает медленно открываться до тех пор, пока не откроется. При полном открытии задвижки питание идет через катушку реле К1, замыкаются контакты К1.1. На контроллер поступает сигнал о перегрузке, управляющее воздействие прекращается.

Контакты катушки К7.1 нормально замкнутые. Когда задвижка открыта, питания на обмотке нет, и цепь будет замкнута, что означает, что задвижка открыта. Также и для контактов катушки К8.

Вторая клемма отвечает за сигнал «Стоп».

Клеммы 3–4 отвечают за сигнал «Закрыть».

Клеммы 5–6, 9–10 отвечают за сигнал «Перегрузка».

Клеммы 7–8 отвечают за сигнал «Открыть».

Клеммы 11–14 отвечают за сигнал «Закр^ыто».

Клеммы 15–18 отвечают за сигнал «Открыть».

Также на схеме указаны ссылки на контакты реле около каждой катушки.

8 Составление перечня элементов щита управления

Перечень элементов – это конструкторский документ, вмещающий данные обо всех электронных элементах системы, а также о местах их размещения. В данной работе перечень элементов составлен на основании принятых обозначений ЕСКД ГОСТ 2.710-81.

Перечень элементов помещается на первом листе схемы или выполняется в виде самостоятельного документа. Перечень элементов оформляется в виде таблицы по ГОСТ 2.701. Если перечень элементов помещают на первом листе схемы, то его располагают, как правило, над основной надписью. Для электронных документов перечень элементов оформляют отдельным документом.

Элементы в перечень записываются группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп — и между элементами.

Перечень элементов представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.014 ПЭ4.

9 Разработка схемы соединений внешних проводок АСР

Схема соединений внешних проводок — это комбинированная схема, на которой показываются электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводок к приборам и щитам. На схеме должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, указаны данные о подключении изделия. Схема подключения внешних проводок выполняется отдельным документом только при наличии единичных многосекционных или составных щитов, большого числа соединительных коробок, групповых стоек приборов, когда подключения к ним затрудняют чтение схемы соединений.

Выбор проводов и кабелей, а также выбор способа выполнения электропроводки производится в соответствии с указаниями руководящего материала РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки» [///].

Кабели выбираются по количеству жил и размеру сечения. В схеме соединений внешних проводок использовались три вида кабеля.

Кабель КВВГ – контрольный кабель, с медной жилой, изоляцией ПВХ, оболочкой из ПВХ. Данный тип кабеля предназначен для соединения приборов, агрегатов и аппаратов различных типов. Кабель рассчитан на максимальное переменное напряжение до 660 В, постоянное напряжение до 1000 В и частоту в 50 Гц. Прокладывается в кабельных туннелях, каналах, а также внутри помещений. Обеспечивает повышенный уровень пожарной безопасности, но обладает уязвимостью к механическим нагрузкам.

Кабель КВВГЭ – контрольный экранированный кабель, с медной жилой, изоляцией и оболочкой из ПВХ. Предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В или постоянным напряжением до 1000 В.

Для щита силового управления выберем кабели ВВГнг. Это силовой огнестойкий кабель. Используется для передачи и распределения электрического тока от источника к стационарным промышленным установкам. Подходит для систем пожаротушения и безопасности. Широко применяется в местах массового скопления людей. В случае возгорания не выделяет дыма и газа. Помогает повысить уровень безопасности и минимизировать потери после аварии.

На монтажной схеме для каждого кабеля прописано число жил, сечение кабеля и длина. Также для кабелей имеющих незадействованные жилы указано число задействованных жил.

Таблица 21 – Кабели, использованные в схеме

Номер измерительного канала	Наименование кабеля
1-6, 8	КВВГ
7, 9	КВВГЭ
Силовые кабели	Наименование кабеля
10, 11	ВВГнг

Клеммные коробки предназначены для соединения и разветвления кабелей. Они выбираются по числу клемм.

Для датчиков температуры, давления и расхода выберем соединительную клеммную коробку КМ 65 20 с 20 клеммами, с сечением жил до 4 мм², IP65.

В верхней части чертежа приведена таблица с наименованием параметров, местами отбора импульсов, позициями датчиков.

Под каждой позицией датчиков располагаются датчики давления и датчик расхода. Исходя из руководства по эксплуатации, выбираем двухпроводную схему подключения. Провода для датчиков температуры обозначаются, начиная со 101 до 104. Провода для датчика температуры воды 101, 102 собраны в кабель №1. Провода для датчика температуры дизельного топлива собраны в кабель №2. Провода для датчиков давления воды

обозначаются, начиная со 105 до 106. Они собраны в кабель №3. Провода для датчика давления дизельного топлива, начиная со 107 до 108, они собраны в кабель №4. Провода для датчика расхода воды обозначаются, начиная со 109 до 110. Они собраны в кабель №5. Провода для датчика расхода воды обозначаются, начиная со 111 до 112. Они собраны в кабель №6. Кабели № 1-6 сводятся в клеммную коробку через 4 сальника М25, из коробки выходит кабель № 4 через сальник М32 на щит автоматизации.

Провода, идущие от задвижки, обозначены как 201-218, собранные в кабель №6, а также и 219-220, собранные в кабель №7. Питание электродвигателей осуществляется кабелем №8 от щита силового управления. Шкаф автоматизации получает питание через кабель №9.

В нижней части чертежа находится шкаф автоматизации.

Разработанная схема соединений внешних проводок автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.014 С5.

10 Разработка чертежа общего вида шкафа автоматизации

Шкафы систем автоматизации предназначены для размещения в них средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки и пр. Шкафы автоматизации могут быть установлены как непосредственно в производственном помещении, так и в специализированных, таких как: операторские, диспетчерские, аппаратные и т.д.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, в операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования щит шкафной малогабаритный (ЩШМ). ЩШМ является компактным и функциональным решением для монтажа средств автоматизации. Он обладает высокой степенью защиты, что позволяет использовать его в условиях, где требуются повышенные меры безопасности. Большой выбор размеров и конфигураций позволяет выбрать оптимальный вариант для конкретного проекта.

Для размещения средств автоматизации используем щит с задней дверью одиночный, навесной ST с высотой 800 мм, шириной 600 мм и глубиной 300 мм – ЩШМ 1000x600x300 [29].

Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

В верхней части шкафа располагаются коммутационная панель ТК, на которой закреплены модули контроллера АС1.

В центральной части расположены розетка XS1, автоматический выключатель, защита от перенапряжений, термореле, аккумулятор, а также блоки зажимов.

В нижней части шкафа расположены преобразователя аналоговых сигналов, а также релейные модули на 24 и 220В блоки зажимов ХТ02, ХТ03, ХТ04.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.014
ВО.

11 Расчет параметров настройки регулятора

11.1 Идентификация объекта управления

Идентификация систем – это совокупность методов, направленных на построение математической модели системы или элемента системы по экспериментальным данным. Различают два метода идентификации: пассивная и активная. При пассивной идентификации идентифицируются системные параметры и модели системы, когда система фактически находится под контролем и выполняет свою работу. Учитывается реакция вывода на входное воздействие. На основе данных, полученных в ходе анализа этой реакции, определяются параметры модели. При активной идентификации системы с другой стороны, в систему вводится ряд входных данных. Далее следует наблюдение за выходными данными. На основе этих измерений производится идентификация системы. В инженерной работе, связанной с разработкой новых математических моделей для существующих технологических объектов применяются активная идентификация [30].

В данной работе необходимо произвести идентификацию системы, описываемой дифференциальным уравнением. Задача состоит в определении коэффициентов этого дифференциального уравнения системы на основании анализа ее кривой разгона. Для ее получения использована зависимость объемной доли воды в водо-дизельном композиционном топливе от времени, полученная на основании экспериментальных исследований реального объекта. Кривая разгона приведена на рисунке 8.

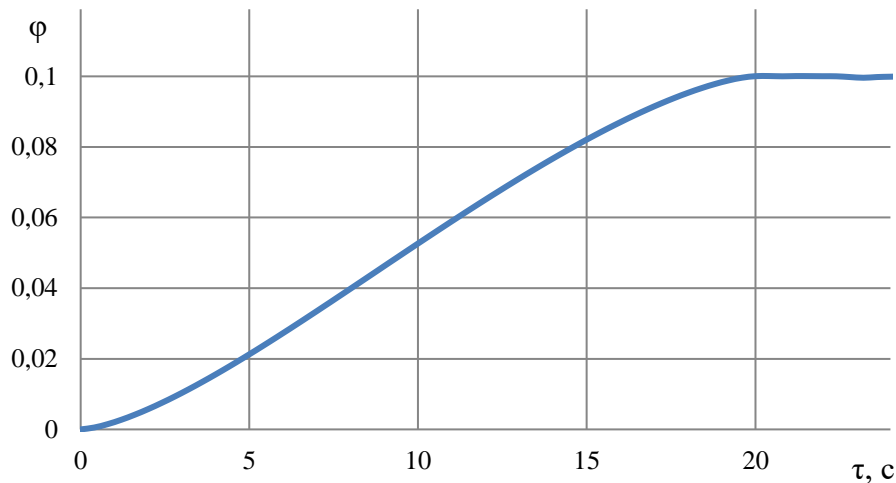


Рисунок 8 – Кривая разгона объекта регулирования,
где τ – время, φ – объемная доля воды

По 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:

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

Где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

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

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 A и B . Точка A определяется как $0,33k$, а точка B имеет ординату $0,7k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

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

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

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

h_A и h_B – значение ординат при точках A и B .

Определяем расположение на кривой точек A и B и находим необходимые неизвестные параметры.

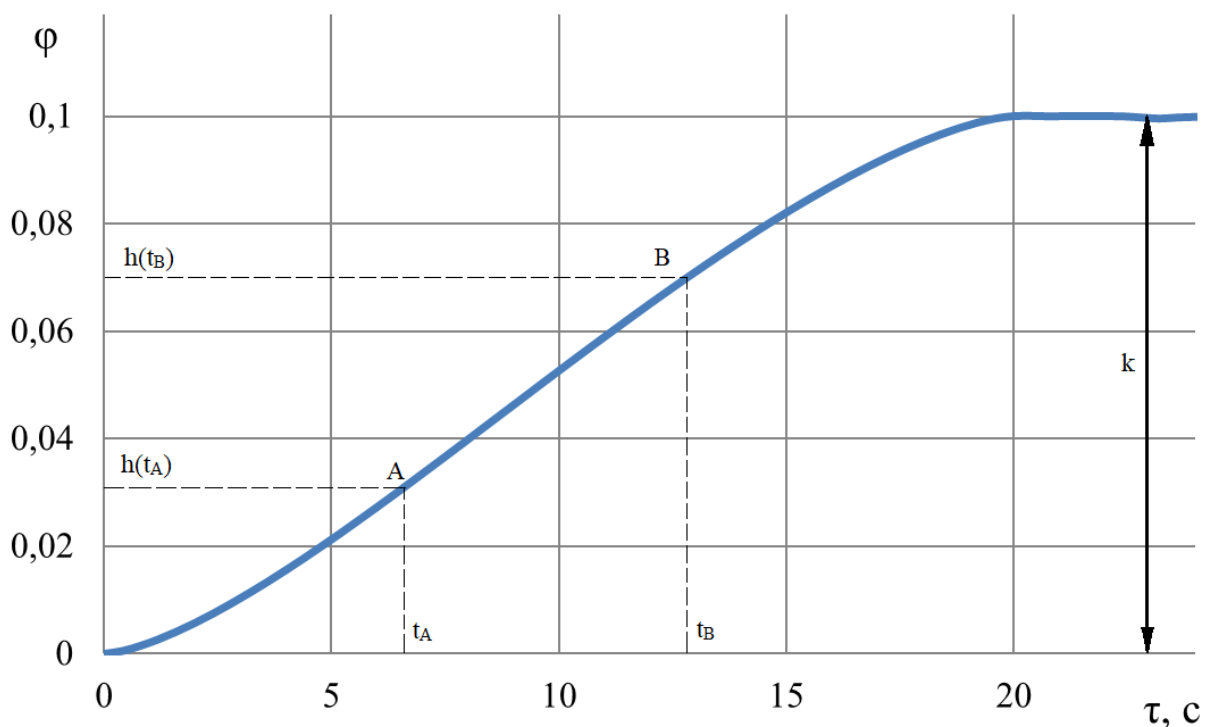


Рисунок 9 – Определение точек на кривой разгона объекта регулирования, где

τ – время, φ – объемная доля воды

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 $h(t_A)$.

$$t_A = 7 \text{ с};$$

$$t_B = 12,8 \text{ с}.$$

Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

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

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

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 7 - 12,8) = 4,1 \text{ с};$$

$$T = 1,25(12,8 - 7) = 7,25 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{0,1}{7,25P + 1} e^{-4,1P}.$$

11.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 10 представлен вид структурной схемы системы регулирования.

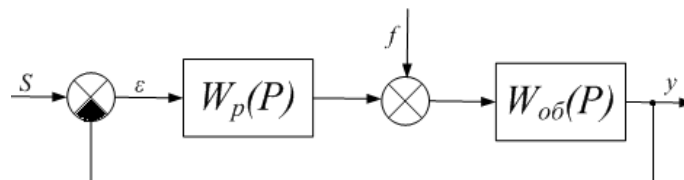


Рисунок 10 – Структурна схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени затухания равной $\psi = 0,95$.

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,95) = 0,477.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{0,1}{7,25P + 1} e^{-4,1P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 22 в виде листинга расчета. Полученные значения

представлены для диапазона частот от 0 до 0,4 с⁻¹, с шагом по частоте 0,01 с⁻¹.

Таблица 22 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{o\delta}(m, \omega)$	$\text{Im}_{o\delta}(m, \omega)$	$A_{o\delta}(m, \omega)$
0	0,1	0	0,1
0,01	0,105	-0,012	0,105
0,02	0,107	-0,026	0,11
0,03	0,108	-0,041	0,115
0,04	0,105	-0,056	0,119
0,05	0,1	-0,071	0,122
0,06	0,091	-0,085	0,124
0,07	0,08	-0,097	0,126
0,08	0,068	-0,106	0,126
0,09	0,054	-0,114	0,126
0,1	0,04	-0,118	0,125
0,11	0,026	-0,12	0,123
0,12	0,012	-0,12	0,121
0,13	-0,001	-0,118	0,118
0,14	-0,012	-0,115	0,115
0,15	-0,022	-0,111	0,113
0,16	-0,031	-0,105	0,11
0,17	-0,039	-0,1	0,107
0,18	-0,046	-0,094	0,105
0,18	-0,046	-0,094	0,105
0,19	-0,052	-0,088	0,102
0,20	-0,057	-0,082	0,1
0,21	-0,062	-0,076	0,097
0,22	-0,065	-0,07	0,095
0,23	-0,068	-0,064	0,093
0,24	-0,071	-0,058	0,091
0,25	-0,073	-0,052	0,09
0,26	-0,075	-0,047	0,088
0,27	-0,076	-0,041	0,087
0,28	-0,077	-0,036	0,085
0,29	-0,078	-0,031	0,084
0,3	-0,078	-0,026	0,083
0,31	-0,079	-0,022	0,082
0,32	-0,079	-0,017	0,081
0,33	-0,079	-0,013	0,08
0,34	-0,078	-0,008	0,079
0,35	-0,078	-0,004	0,078

Продолжение таблицы 22

ω, c^{-1}	$Re_{o\bar{o}}(m, \omega)$	$Im_{o\bar{o}}(m, \omega)$	$A_{o\bar{o}}(m, \omega)$
0,36	-0,077	-0,001	0,077
0,37	-0,076	0,004	0,076
0,38	-0,075	0,008	0,076
0,39	-0,074	0,011	0,075
0,4	-0,073	0,015	0,075

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega(m^2 + 1) \cdot Im_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)},$$

$$K_p = -\frac{m \cdot Im_{o\bar{o}}(m, \omega) + \cdot Re_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)},$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0 до 0,4 c^{-1} , с шагом по частоте в 0,01 c^{-1} . Полученные значения представлены в таблице 23 в виде листинга расчета.

Таблица 23 – Значение параметров ПИ – регулятора

ω, c^{-1}	K_p	$\frac{K_p}{T_u}$
0	0,000	-10,000
0,01	0,013	-8,906
0,02	0,113	-6,671
0,03	0,194	-5,541
0,04	0,291	-4,411
0,05	0,403	-3,285
0,06	0,526	-2,169
0,07	0,657	-1,068
0,08	0,794	0,015
0,09	0,934	1,074
0,1	1,076	2,106
0,11	1,215	3,107
0,12	1,351	4,075
0,13	1,480	5,005
0,14	1,601	5,895
0,15	1,712	6,743

Продолжение таблицы 23

0,16	1,810	7,546
0,17	1,895	8,301
0,18	1,964	9,008
0,19	2,017	9,665
0,2	2,051	10,271
0,21	2,067	10,824
0,22	2,062	11,324
0,23	2,036	11,769
0,24	1,989	12,161
0,25	1,919	12,498
0,26	1,828	12,780
0,27	1,713	13,009
0,28	1,576	13,184
0,29	1,417	13,305
0,3	1,235	13,374
0,31	1,031	13,392
0,32	0,805	13,360
0,33	0,559	13,278
0,34	0,293	13,149
0,35	0,007	12,973
0,36	-0,297	12,752
0,37	-0,619	12,488
0,38	-0,956	12,183
0,39	-1,309	11,839
0,4	0,113	-6,671

Для удобства и визуализации строится зависимость от полученных параметров, представленная на рисунке 11. Полученная кривая на рисунке, является линией для степени затухания равной 0,95. Все значения параметров настройки, которые будут лежать на этой кривой, будут обеспечивать заданную степень затухания.

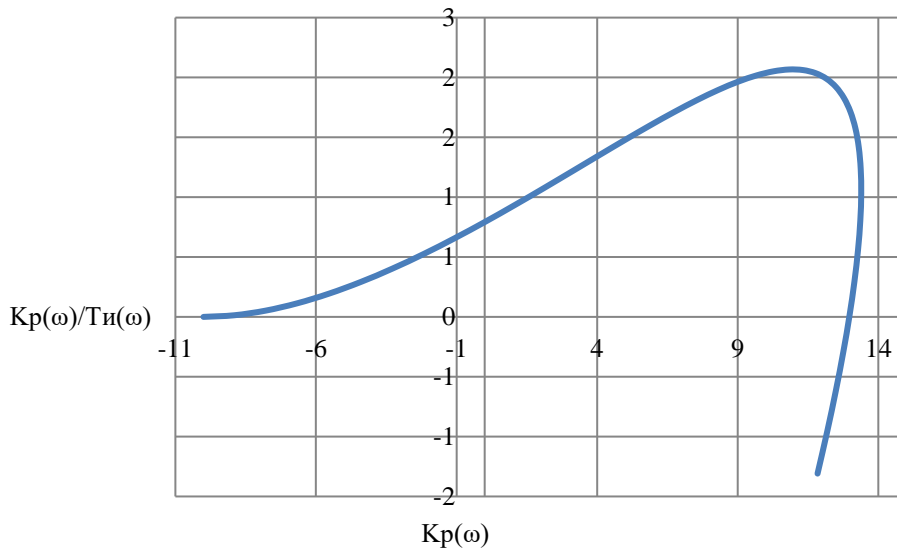


Рисунок 11 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением отношения K_p / T_u на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 2 определяем:

$$\max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 2,067, K_p = 10,824, \text{резонансная частота } \omega = 0,22 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p / T_u} = \frac{10,824}{2,067} = 5,238 \text{ с}.$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)},$$

где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать

переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 12 представлена зависимость вещественной составляющей от частоты или ВЧХ.

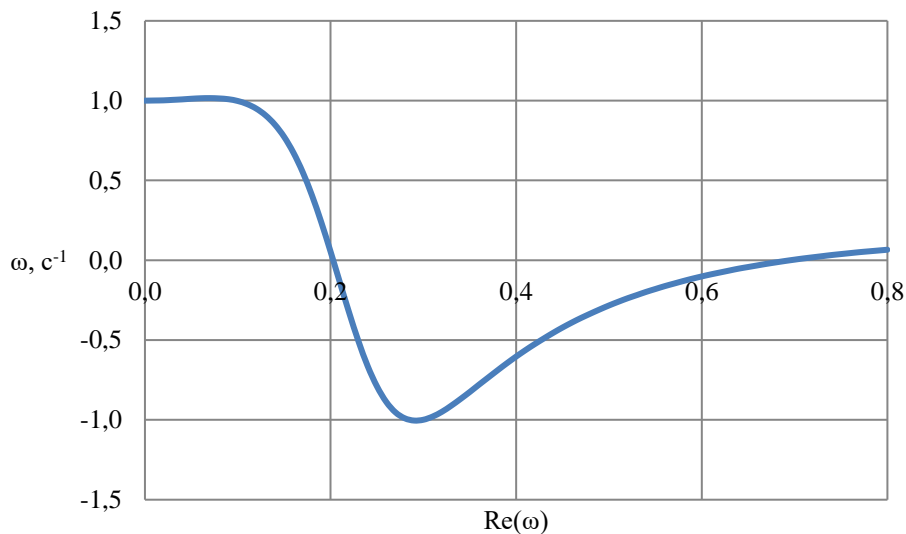


Рисунок 12 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\text{Re}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

где $\text{Re}(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

ω – частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,8} \frac{\text{Re}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 13 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

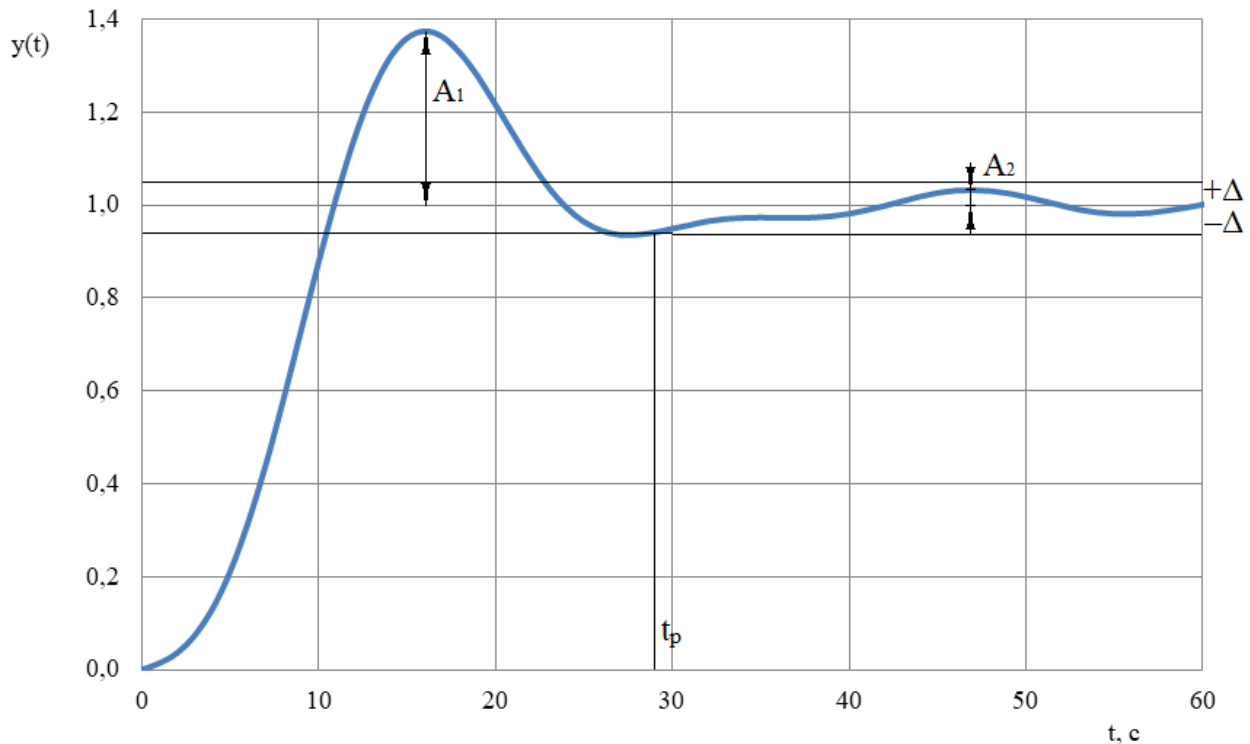


Рисунок 13 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

С использованием графика определяются прямые оценки качества:

а) максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,37$;

б) перерегулирование: $\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} = \frac{0,37 \cdot 100\%}{1,0} = 37\%$;

в) динамический коэффициент регулирования R_D :

$$R_D = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100\% = \frac{0,37 + 1}{0,1} \cdot 100\% = 13,7\% ,$$

где $K_{об} = 0,1$ – коэффициент передачи объекта;

г) степень затухания переходного процесса:

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,37 - 0,02}{0,37} = 0,95,$$

где $A_2 = 0,02$ – второй максимальный выброс регулируемой величины;

д) статическая ошибка: $\varepsilon_{ст} = 0$;

е) время регулирования: $t_p = 28с$.

12 Мнемосхема проекта

Мнемосхема является ключевым элементом АСР верхнего уровня, будучи основой человеко-машинного интерфейса. Мнемосхема является визуальным изображением компонентов технологической системы, а также связей между ними. Мнемосхема дает оператору автоматизированного рабочего места представление о параметрах технологического процесса. Кроме того оператор имеет возможность принимать участие в технологическом процессе через взаимодействие с ней, в том числе запускать и останавливать различные агрегаты, регулировать интенсивность работы и пр. Также оператор может фиксировать сигналы и предупреждения, выведенные на мнемосхему, что дает наиболее наглядное представление об участке технологической схемы, на который следует обратить внимание.

Требования, предъявляемые к мнемосхеме, могут значительно отличаться в зависимости от вида объекта автоматизации и характера технологического процесса. Однако некоторые являются общими для всех видов человеко-машинного интерфейса, в том числе для мнемосхем. Мнемосхема должна отражать только те элементы технологического процесса, которые непосредственно необходимы для его контроля; при пространственной компоновке мнемосхемы должно выдерживаться соответствие с расположением регулирующих органов на пульте оператора; наиболее существенные для контроля процессом элементы должны выделяться формой и/или размером.

В данной работе в соответствии с определением основной задачи человеко-машинного интерфейса и обозначенными требованиями к проектированию мнемосхем была разработана мнемосхема АСР параметров процесса микро-взрывной фрагментации в камере сгорания авиационного двигателя. Для разработки использована программная среда Infinity SCADA, разработанная компанией «ЭлеСи-Про». Мнемосхема создана в модуле Infinity HMI. Изображение работы мнемосхемы приведено на рисунке 14.

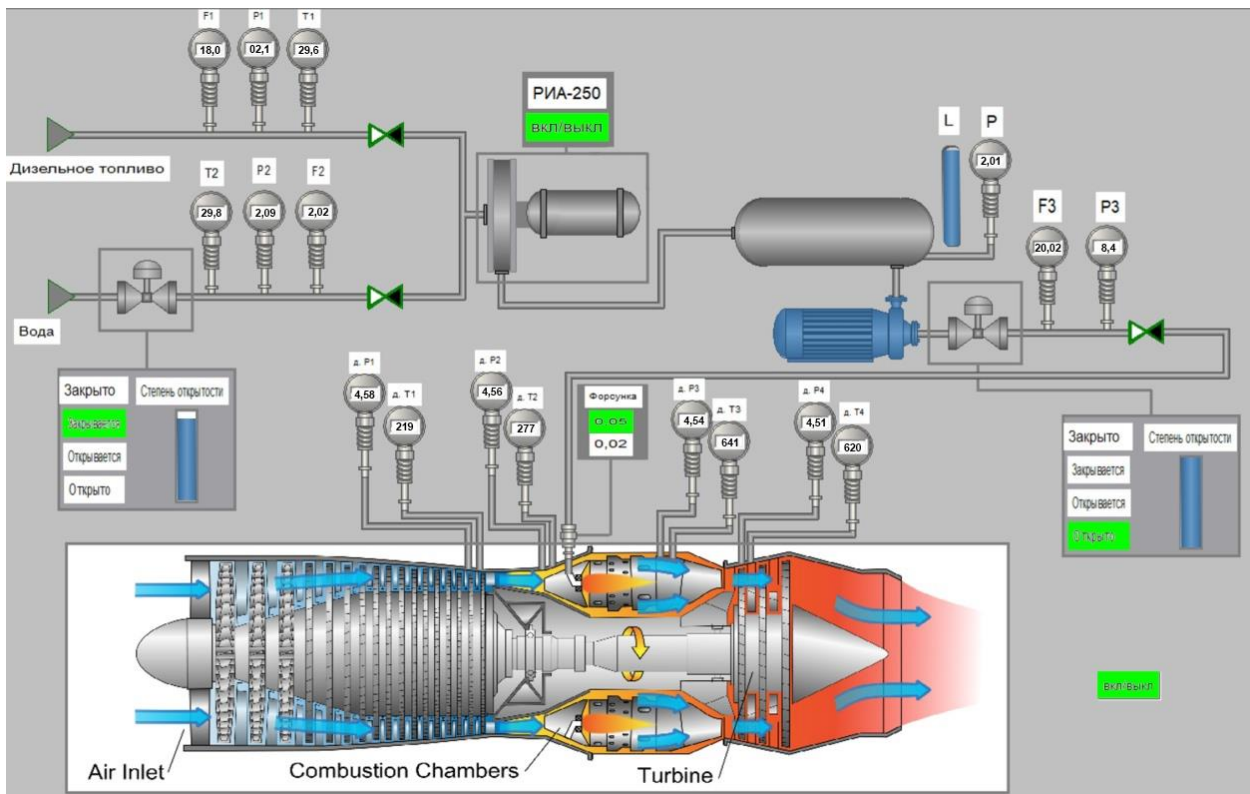


Рисунок 14 – мнемосхема системы регулирования параметров процесса микро-взрывной фрагментации в камере сгорания авиационного двигателя

В верхней части изображенной мнемосхемы находится непосредственно регулируемый участок технологической схемы, включающий в себя трубопровод топлива, трубопровод воды с задвижкой и РИА. Мнемосхема предоставляет возможность не только отслеживать параметры технологического процесса, но и получать сигнализацию о подключении и работоспособности датчиков. Кроме того, в данной мнемосхеме предусмотрена возможность вмешательства в технологический процесс через принудительную остановку агрегатов в случае возникновения аварийной ситуации.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И. Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
2. Планирование и формирование бюджета	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич		

13 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – произвести расчет нормативной продолжительности выполнения работ согласно теме ВКР и представить календарный график работ с расчетом отдельных статей сметы. В случае, если в ВКР предусмотрено применение новой техники и технологии, необходимо произвести расчет экономической эффективности мероприятия либо сделать обоснование целесообразности разработки инвестиционного проекта.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

-оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

-планирование и формирование бюджета;

-определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.

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

13.1.1 Анализ конкурентоспособности технических решений

Анализ конкурентных технических решений проводится для изучения конкурирующих разработок, имеющихся на рынке. Результаты данного анализа могут вносить коррективы в научные исследования с целью повышения их конкурентоспособности. Для анализа применяется вся имеющаяся информация об иных разработках. Этот анализ позволяет, среди прочего, оценить, насколько эффективна научная разработка, и определить направление дальнейшего развития.

Проведем сравнение эффективности разработок существующих на рынке технологий, чтобы оценить сильные и слабые стороны с помощью оценочной карты (таблица 1). Проведем сравнение различных способов производства водо-дизельного композиционного топлива. Разработанное решение представляет собой систему регулирования массовой доли воды в водо-

топливной смеси с производительностью до 20 м³/ч для питания исследовательской установки (С). Сравним его с лабораторной установкой, включающей центробежную форсунку и рассчитанной на производительность до 0,5 м³/ч (Л), а также с полноразмерной промышленной установкой (П). В таблице 24 показано сравнение различных технологий и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 24 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		С	Л	П	С	Л	П
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Экологичность	0,15	4	5	3	0,6	0,75	0,45
Возможность применения технологии на производстве	0,15	4	2	5	0,6	0,3	0,75
Удобство эксплуатации	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
Актуальность исследования	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
Качество регулирования	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Эффективность применения	0,1	3	5	2	0,3	0,5	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Стоимость обслуживания	0,05	4	4	2	0,2	0,2	0,1
Срок эксплуатации	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Цена	0,05	4	5	2	0,2	0,25	0,1
Итого	1	41	39	32	4,15	3,95	3,4

По итогам анализа конкурентоспособности технических решений, можно сделать вывод, что наше исследование является наиболее

перспективным по сравнению с другими. Анализ конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i,$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

$$K_C = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 4,15;$$

$$K_L = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 + 0,05 \cdot 2 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 5 = 3,95;$$

$$K_{\Pi} = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 + 0,05 \cdot 2 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 = 3,4.$$

13.1.2 Матрица SWOT

С помощью SWOT-анализа можно оценить внутренние ресурсы проекта и сопоставить их с внешними факторами; определить внутренние и внешние риски, а также рассмотреть варианты их минимизации и, возможно, предотвращения. В таблице 2 приведена итоговая матрица SWOT.

Таблица 25 – Матрица SWOT анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Экологичность установки.</p> <p>С2. Большой срок эксплуатации</p> <p>С3. Высокая экономичность проекта</p> <p>С4. Сочетание высокой производительности с точным регулированием</p> <p>С5. Возможность измерения параметров топлива на каждом этапе приготовления</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Повышение потребности в квалифицированном персонале.</p> <p>Сл2. Новизна технологии.</p> <p>Сл3. Повышенная потребность в новом высокоточном оборудовании</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 25

<p>Возможности В1. Постоянная работа исследовательской установки В2. Создание запаса водо-топливной смеси В3. Понижение стоимости на компоненты/установку. В4. Создание на базе разработки гибкой системы топливо-приготовления. В5. Внедрение на отечественный рынок.</p>	<p>СИВ: 1. Исследование поведения композиций при хранении. 2. Верификация моделей приготовления с данными установки. 3. Изучение масштабируемости технологии. 4. Экологичность и дешевизна делают проект привлекательным. 5. Переход к коммерческой реализации</p>	<p>СЛИВ: 1. Повышение спроса на установку приведет к повышению потребности в квалифицированном персонале. 2. Новизна технологии ведет к задержке практического внедрения. 3. Необходимость хранения топлива во время простоя установки. 4. Износ оборудования установки, замена новым.</p>
<p>Угрозы У1. Отсутствие спроса на установку У2. Повышение стоимости на топливо. У3. Невостребованность и порча уже произведенной водо-топливной смеси. У4. Более низкая стоимость уже используемых решений.</p>	<p>СИУ: 1. Так как технология является экологичной по сравнению с другими, значит, всегда будет привлекательна на рынке. 2. Повышение стоимости на топливо приведет к удорожанию установки в целом. 3. Стремление к окупаемости установки из-за высокой стоимости, но дешевой эксплуатации.</p>	<p>СЛУ: 1. Высокая стоимость приведет к отсутствию спроса на технологию. 2. Из-за повышенных требований система может стать некупаемой. 3. Из-за завершения исследований содержание системы может стать нецелесообразным.</p>

На основе вышеприведенных пунктов можно сделать вывод, что главным достоинством технологии является экологичность, что важно для всех стран. Также важным преимуществом является возможность изучить масштабируемость разрабатываемых технологий.

Данное решение только начинает внедряться, и с каждым годом она будет все больше исследоваться, будут разрабатываться новые установки, что приведет к минимизации недостатков или даже к их устранению.

Данная технология является перспективной, на это указывает большое количество сильных сторон. Но перед полноценным внедрением предстоит устранить слабые стороны проекта и выработать решения для потенциальных вызовов.

13.2 Планирование научно-исследовательских работ

13.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При реализации проекта необходимо планировать занятость каждого из участников и сроки проведения работ.

Таблица 26 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ	НР
	4	Подготовка композиционного жидкого топлива для проведения исследований	Инженер
	5	Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик композиционного жидкого топлива.	Инженер
	6	Обработка полученных данных	НР, инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности результатов	НР
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схему, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР.	Инженер
	9	Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	Инженер
	10	Внесение исправлений в чертежи и доработка описания к ним.	Инженер
Оформление отчета	11	Составление пояснительной записки	Инженер

13.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости:

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

Продолжительность каждой работы, учитывающую параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{\Psi_i},$$

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1,476$$

В таблице 4 укажем перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

Таблица 27 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоемкость работ, дни			Исполнитель и	Длительность работ в раб. днях T_{pi}		Длительность работ в кал. днях T_{ki}	
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$		НР	Инж.	НР	Инж.
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Поиск и изучение литературы по выбранной теме	5	7	5,8	Инж.	-	5,8	-	9
Календарное планирование работ	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Подготовка композиционного жидкого топлива для проведения исследований	2	5	3,2	Инж.	-	3,2	-	5
Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик композиционного жидкого топлива.	12	20	15,2	Инж.	-	15,2	-	22
Обработка полученных данных	6	10	7,6	НР, инж.	7,6	7,6	11	11
Оценка эффективности результатов	5	7	5,8	НР	5,8	-	9	-
Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР	18	28	22	Инж.	-	22	-	33
Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним	10	15	12	Инж.	-	12	-	18
Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	6	10	7,6	Инж.	-	7,6	-	11
Составление пояснительной записки	5	8	6,2	Инж.	-	6,2	-	9
Итого	71	114	88,2	-	16,2	79,6	24	118

Таблица 27 – График Ганта

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	НР	2	■											
2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Инж	9	■											
3	Календарное планирование работ	НР	2		■										
4	Подготовка композиционного жидкого топлива для проведения исследований	Инж	5		■										
5	Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик композиционного жидкого топлива	Инж	22			■	■	■							
6	Обработка полученных данных	НР, инж	11					■	■						
7	Оценка эффективности результатов	НР	9						■	■					
8	Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР.	Инж	33							■	■	■			
9	Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним.	Инж	18										■	■	

Продолжение таблицы 27

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль			Март			Апрель			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
10	Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	Инж	11													
11	Составление пояснительной записки	Инж	9													

■ - Научный руководитель;

■ - Инженер

График Ганта строится для максимального по длительности исполнения работ на основе вышеприведенной таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10) дней за период времени написания ВКР.

13.3 Бюджет научно-технического исследования

13.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты – затраты предприятия на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции (в нашем случае для производства водо-дизельного композиционного топлива). Расчет проводится на весь период исследований.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Вода дистиллированная	л	20	40	800
Дизельное топливо	л	180	50	9000
Итого				9800

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

Объектом автоматизации является система приготовления композиционного топлива, состоящая из роторного импульсного аппарата, электрозадвижки на тракте подачи воды, и трубопроводов. Задача регулирования параметров приготовления композиционного топлива состоит в обеспечении постоянства массовых долей компонентов (дизельного топлива и воды) композиционного топлива. Регулируемым параметром при производстве водо-дизельного композитного топлива является объемный расход воды. Система включает в себя роторный импульсный аппарат, с радиусом рабочего колеса 250 мм, РИА-250, задача этого элемента состоит в создании водо-топливной эмульсии; измерительные приборы, в числе которых: ротационный расходомер ЭМИС ПЛАСТ-220, который снимает

данные об объемном расходе дизельного топлива и передает нормированный электрический сигнал на программируемый логический контроллер (ПЛК); второй ротационный расходомер ЭМИС ПЛАСТ-220, который в свою очередь, снимает данные об объемном расходе воды; датчики давления Метран-150 на каждом из трубопроводов; термпреобразователи сопротивления Метран-2000 на обоих трубопроводах. Основываясь на данных от измерителей, ПЛК вычисляет плотности компонентов и их массовые расходы. Полученные величины сравниваются с заданными.

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количества лет.

Норма амортизации для роторного импульсного аппарата:

$$H_A = \frac{1}{20} = 0,07.$$

Норма амортизации для расходомера ЭМИС ПЛАСТ-220:

$$H_A = \frac{1}{15} = 0,07.$$

Норма амортизации для термпреобразователя сопротивления Метран-2000:

$$H_A = \frac{1}{15} = 0,07.$$

Норма амортизации для датчика давления Метран-150:

$$H_A = \frac{1}{15} = 0,07.$$

Норма амортизации для задвижки с электроприводом:

$$H_A = \frac{1}{20} = 0,05.$$

Амортизация оборудования:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot t,$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.; t время использования, мес.

Амортизация для роторного импульсного аппарата:

$$A = \frac{0,05 \cdot 64500}{12} \cdot 3 = 806,25 \text{ руб.}$$

Амортизация для расходомеров ЭМИС ПЛАСТ-220:

$$A = \frac{0,07 \cdot 210250}{12} \cdot 3 = 3679,38 \text{ руб.}$$

Амортизация для термпреобразователей сопротивления Метран-2000:

$$A = \frac{0,07 \cdot 4750}{12} \cdot 3 = 83,13 \text{ руб.}$$

Амортизация для датчиков давления Метран-150:

$$A = \frac{0,07 \cdot 61000}{12} \cdot 3 = 1067,5 \text{ руб.}$$

Амортизация для задвижки с электроприводом:

$$A = \frac{0,05 \cdot 72500}{12} \cdot 3 = 906,25.$$

Таблица 29 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование	Ко- л- во е.	Срок полезного использован ия	Цена оборудо- вания, тыс. руб.	Время исполь- зования, мес.	H_A	Аморти- зация
1	РИА-250	1	20	64500	3	0,0 5	806,25
2	Расходомер ЭМИС ПЛАСТ-220	2	15	210250	3	0,0 7	3679,38* 2
3	ТПС Метран- 2000	2	15	4750	3	0,0 7	83,13*2
4	ДД Метран-150	2	15	61000	3	0,0 7	1067,5*2
5	Задвижка ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с приводом ГЗ- А.70-12	1	20	72500	3	0,0 5	906,25
Итого:							11372,52 руб.

13.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата работника:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 3279,9 \cdot 13,4 = 43950,7 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1638 \cdot 84,8 = 138902,4 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 30 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Выходные/праздники	67	118
Отпуск/невыходы по болезни	55	31
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	216

Среднедневная заработная плата научного руководителя (6-дневная неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{76635 \cdot 10,4}{243} = 3279,9 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера (5-дневная неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{31590 \cdot 11,2}{216} = 1638 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5.

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3.

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 39300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 76635 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 16200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31590 \text{ руб.}$$

Таблица 31 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
НР	39300	0,3	0,2	1,3	76635	3279,9	16	43950,7
Инж	16200	0,3	0,2	1,3	31590	1638	80	138902,4
Итого $Z_{\text{осн}}$								182852,8

13.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Доп. заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 43950,7 = 5274,1.$$

Доп. заработная плата инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 138902,4 = 16668,3.$$

13.3.5 Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды для научного руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (43950,7 + 5274,1) = 14767,4 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (138902,4 + 16668,3) = 46671,2 \text{ руб.}$$

13.3.6 Накладные расходы

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равен 0,16.

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{обор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}$$

Таблица 32 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	9800
Затраты на оборудование	11372,52
Затраты на основную заработную плату	182852,8
Затраты на дополнительную заработную плату	21942,4
Отчисления во внебюджетные фонды	61438,6
Накладные расходы:	45985,01

13.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 33 – Бюджет затрат НИИ

Наименование	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты	9800	9800	9800	Пункт 1.3.1
Затраты на оборудование	11372,52	1214,1	24332,4	Пункт 1.3.2
Затраты на основную заработную плату	181436,3	181436,3	321755,5	Пункт 1.3.3
Затраты на дополнительную заработную плату	21772,4	21772,4	38610,7	Пункт 1.3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	61438,6	61438,6	108109,9	Пункт 1.3.5
Накладные расходы	45985	44105,8	80417,4	Пункт 1.3.6
Бюджет затрат НИИ	331304,8	319767,2	574205,9	Сумма ст. 1–6

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

1) АСР параметров микро-взрывной фрагментации в турбореактивном двигателе.

2) АСР доли компонентов композиционного топлива.

Интегральный показатель финансовой эффективности:

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

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения НИР.

$$\Phi_{p1} = 331304,8 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{p2} = 319767,2 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{p3} = 574205,9 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331304,8}{574205,9} = 0,577;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{319767,2}{574205,9} = 0,557;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{574205,9}{574205,9} = 1.$$

Наиболее приемлемым с точки зрения финансовой эффективности является 1 вариант исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 34 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп1	Исп2	Исп3
Возможность применения технологии на производстве	0,25	4	4	5
Удобство эксплуатации	0,05	3	3	5
Надежность	0,15	4	4	4
Динамическая точность	0,2	5	4	4
Стоимость обслуживания	0,1	4	4	2
Качество регулирования	0,2	5	5	4
Эффективность применения	0,05	4	5	2
Итого:	1	4,8	4,6	3,85

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,4;$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,2;$$

$$I_{p3} = 0,25 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 2 = 3,9.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p\text{-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,4}{0,577} = 7,63;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p\text{-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{4,2}{0,557} = 7,54;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p\text{-исп3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп3}}} = \frac{3,9}{1} = 3,9.$$

Сравнительную эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$) запишем в общую таблицу.

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,577	0,557	1

Продолжение таблицы 35

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,4	4,2	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	7,63	7,54	3,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,964	0,511

Наиболее эффективным является данный вариант исследования.

13.5 Выводы по разделу

В данном разделе:

- 1) проведен анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке;
- 2) составлен SWOT-анализ для нашего исследования, в котором были выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы;
- 3) приведена таблица с перечнем этапов, работ и распределением исполнителей;
- 4) определена трудоемкость выполнения работ;
- 5) Построена диаграмма Ганта;
- 6) Произведены расчеты: материальных затрат, затрат на оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды, накладных расходов. Произведен расчет бюджета затрат НИР, который составил 331304,8 руб.;
- 7) Рассчитана оценка эффективности НИ. Интегральный показатель финансовой эффективности равен 0,577, интегральный показатель ресурсоэффективности равен 4,4, интегральный показатель эффективности равен 7,63.

При сравнении показателей нашего проекта с показателями других, можно сделать вывод, что предложенный вариант реализации является наиболее выгодным из рассмотренных и наиболее эффективным вариантом исполнения в текущих условиях.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б93		ФИО Кужин Руслан Юрьевич	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	И.Н.Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

АСР параметров процесса приготовления композиционного топлива

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объектом исследования является система регулирования массовых долей компонентов при приготовлении водо-дизельного композиционного топлива</i></p> <p><i>Область применения:</i> Энергетика;</p> <p><i>Рабочая зона:</i> производственное помещение;</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 40 м²;</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Роторный импульсный аппарат РИА-250 – 1шт, задвижка чугунная ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с электроприводом ГЗ-А.70/12– 1шт.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> Поддержание заданного значения массовой доли воды в водо-дизельном композиционном топливе.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя; – ГОСТ 21889–76 «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования»; – ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения; – ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ; – Федеральный закон от 24.07.1998N125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»; – Федеральный закон от 21.12.1994N069 «О пожарной безопасности»; – Федеральный закон от 10.01.2002N007 «Об охране окружающей среды».
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень общей вибрации;</p>

	<p>2. Повышенный уровень шума;</p> <p>3. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания парами топлива.</p> <p>3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, , перчатки.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: возможные утечки компонентов топлива через неплотности соединений.</p> <p>Воздействие на гидросферу: отсутствует.</p> <p>Воздействие на атмосферу: испарение дизельного топлива.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - возникновение пожара. - взрыв оборудования. <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Кужин Руслан Юрьевич		13.05.2023

14 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа в производственном помещении относится к 2 категории тяжести труда. Согласно ст. 91 ТК РФ [31] нормальная продолжительность рабочего времени для оператора АСУ не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно [31], есть несколько видов компенсаций для работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда:

- Минимальная продолжительность ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска работникам составляет 7 календарных дней;

- Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Так как предполагается проведение работ сидя, то необходимо отметить некоторые показатели, которые учитываются устанавливается в повышенном размере;

- Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и/или опасными условиями при такой работе. Согласно [32], конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение работ в пределах зоны досягаемости моторного поля. Также при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать половую принадлежность работника.

Согласно ГОСТ 22269-76 «Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования» [33] взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Средства отображения информации необходимо группировать и располагать группы относительно друг друга в

соответствии с последовательность их использования или с функциональными связями элементов систем, которые они представляют.

14.1 Производственная безопасность

При выполнении работ оператора АСУ системы приготовления топлива согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [34] могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 36.

Таблица 36 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора АСУ

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	СНиП 23-03-2003 «Защита от шума. Актуализированная редакция»
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник	ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»; ГОСТ 12.1.019-79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека	ГОСТ по микроклимату производственных помещений: 12.1.005-88 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху раб. зоны», СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

14.1.1 Повышенный уровень шума

При работе механического оборудования, в частности электродвигателя роторного импульсного аппарата возникает повышенный уровень шума, вследствие трения элементов конструкции друг о друга, а также ударного воздействия на сами жидкости в агрегате.

Согласно СНиП 23-03-2003. «Защита от шума. Актуализированная редакция» [35] повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника в целом, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие такого шума способно привести к развитию у работника потери слуха, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. Поэтому важно соблюдать некоторые меры для обеспечения безопасности от воздействия шума. Работник должен следовать установленным работодателем правилам безопасности ведения работ и применения средств индивидуальной защиты от шума. Со стороны работодателя должны быть предприняты следующие меры: использование малошумных машин; оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте; контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума; вовлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии.

В таблице 37 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления на основании п.6 [35].

Таблица 37 – Уровни звукового давления

Наименование помещений или территорий	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A , дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами	107	95	87	82	78	75	73	71	69	95

14.1.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Освещенность является одним из важнейших гигиенических показателей, от которого зависит здоровье человека. Недостаточная освещенность на рабочем месте, повышенная пульсация светового потока значительно снижают зрительное восприятие, вызывают раздражение. У человека появляются головные боли, возникает усталость центральной нервной системы в результате усилий, прилагаемых для распознавания объектов различения, в том числе и на экране монитора компьютера. Это вызывает повышенное напряжение органа зрения, а в последующем и развитие близорукости, снижение концентрации внимания и работоспособности. Кроме того, при недостаточной освещенности возрастает опасность производственного травматизма, так как реакция человека на возможную опасность находится в прямой зависимости от того, насколько быстро и легко можно ее заметить.

Согласно СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" [36] в цехах с полностью автоматизированным технологическим процессом следует предусматривать освещение для наблюдения за работой оборудования, а также дополнительно включаемые светильники общего и местного освещения для обеспечения необходимой освещенности при ремонтно-наладочных работах.

В таблице 38 приведены требования к освещению производственных помещений на основании п.4 [36].

Таблица 38 – Требования к освещению производственных помещений

Таблица 38 – Требования к освещению производственных помещений

Хар-ка зрит. работы	Наим. раз. об-та различия, мм	Раз-ряд зрит. работы	Под-разряд зрит. работы	Кон-траст с фоном	Хар-ка фона	Искусственное освещение				
						Освещенность, лк			Соч-е норм. вел-н показателя дискомфорта UGR	
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	UGR не более	Кп, %, не более
						Всего	В т. ч. от общ.			
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	400	25	20
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	300	25	20
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	25	20
			г	Средний Большой -	Светлый - Средний	-	200	200	25	20

14.1.3 Повышенный уровень общей вибрации

При работе механического оборудования, в частности, насосного, турбинного и пр. возникает вибрационное воздействие на окружающее пространство. Данное воздействие передается через твердые материалы и может оказывать воздействие на рабочий персонал.

Следствием регулярного и продолжительного вибрационного воздействия может стать вибрационная болезнь. Заболевание, характеризующееся поражением периферической сосудистой, нервной и скелетно-мышечной систем в зоне воздействия вибрации при длительным воздействием производственной вибрации выше ПДУ.

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004 [37] работодатель должен предпринимать меры, необходимые для снижения вибрационной нагрузки. К таким мерам относятся: использование машин с меньшей виброактивностью; использование материалов и конструкций, препятствующих распространению вибрации и воздействию ее на человека; контроль за правильным использованием средств виброзащиты.

Согласно СП 2.2.3670-20 “Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда” [38], номенклатура, объем и периодичность контроля за соблюдением гигиенических нормативов по уровням микроклимата, освещенности, шума, вибрации (общей и локальной), инфразвука, ультразвука, электромагнитного излучения, лазерного излучения, ультрафиолетового излучения, тяжести и напряженности трудового процесса на рабочих местах устанавливается хозяйствующими субъектами с учетом степени их влияния на здоровье работника и среду его обитания.

14.1.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник

Электрический ток – опасный производственный фактор. Воздействие электрического тока на организм человека чревато мгновенными и

хроническими электротравмами. Мгновенные наблюдаются при получении краткосрочного большого разряда; хронические – при регулярном незаметном воздействии. Также электротравмы различают по тяжести. Выделяют четыре степени тяжести поражения электрическим током: первая степень – отмечаются судороги, пострадавший остается в сознании; вторая степень – характерны судороги и потеря сознания; третья степень – отмечаются судороги, потеря сознания, остановка дыхания или сердцебиения; четвертая степень – смерть.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновений и токов» [39] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 39.

Таблица 39 – напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Согласно ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [40] для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию рабочего места; предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземления; зануление; выравнивание потенциала; систему защитных проводов; малое напряжение; средства индивидуальной защиты.

14.1.5 Производственные факторы, связанные с химическим воздействием на организм работающего человека

При производстве водо-дизельного композитного топлива происходит подача компонентов под давлением в роторный импульсный аппарат. При этом, возможны утечки через неплотности трубопроводной системы. При попадании углеводородной смеси в окружающее пространство рабочей зоны возможно химическое воздействие на организм работника.

Воздействие на работника зависит от рода вредного вещества. В данном случае вещество относится к 3 классу опасности, согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [41]. Оказывает раздражающее воздействие на слизистые оболочки и кожу человека. При продолжительном и регулярном воздействии вызывает заболевания органов дыхания в т.ч. астму, а также и воспаление слизистых оболочек.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [42], концентрации паров топлива в воздухе рабочей зоны не должны превышать значений приведенных в таблице 40.

Таблица 40 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны

№ в-ва	Наименование	Регистрационный номер CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущ. агрегат. сост-е в воздухе в условиях пр-ва	Класс опасности	Особенности действия на организм
268	Бензин	8032-32-4	-	300/100	п	4	-

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [43], контроль содержания вредных веществ в воздухе проводится на наиболее характерных рабочих местах. При этом границы допустимой погрешности измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, равных ПДК или более, должны составлять $\pm 0,25\%$. Для снижения вредного воздействия на организм человека используют систему вентиляции воздуха. При невозможности использования системы вентиляции применяется регулярное проветривание.

14.2 Экологическая безопасность

На данном рабочем месте выявлен предполагаемый источник загрязнения окружающей среды, а именно воздействие на литосферу, и атмосферу.

14.2.1 Атмосфера

При производстве водо-дизельного композитного топлива происходит подача компонентов под давлением в роторный импульсный аппарат. При этом, возможны утечки через неплотности трубопроводной системы. Наиболее существенное воздействие на атмосферу в таком случае оказывают утечка дизельного топлива, которое легко испаряется, попадая в атмосферу.

Для снижения воздействия на атмосферу необходимо исключить утечки из неплотностей. Решением может стать использование более качественных креплений и прокладок.

Таблица 41 – ПДК и ОДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений

Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		Направлен-ность биологи-ческого воздействия	Класс опас-ности
	ПДК	ОДК		
Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ –C ₁₀ H ₂₂	50,0	5,0	Рефл.-раз.	3

14.2.2 Гидросфера

При исследовании не было выявлено угроз гидросфере.

14.2.3 Литосфера

При производстве водо-дизельного композитного топлива происходит подача компонентов под давлением в роторный импульсный аппарат. При этом, возможны утечки через неплотности трубопроводной системы. Топлив может попасть в почву, что влечет ее загрязнение.

Для снижения возможного риска загрязнения почвы помимо средств снижающих вероятность утечки, необходимо использовать емкости для сбора и последующей утилизации топлива. В таблице 42 приведены предельно допустимые концентрации и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве на основании п.14 [42].

Таблица 42 – Предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве

№ п/п	Наимено-вание вещества	Регистрацион-ный номер CAS	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона	Лимитирую-щий показатель вредности	Класс опаснос-ти
2	Бензин	8032-4		0,1/	Воздушно-миграционный	

14.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным чрезвычайным ситуациям на данном рабочем месте выделяют возгорание и взрыв трубопроводов, также наиболее типичная ЧС – пожар.

Источниками возгорания могут быть электрооборудование, проводка. Из-за использования пожароопасного топлива может произойти пожар. Следует придерживаться некоторых требований для трубопроводов, так как они также могут быть источником взрыва.

Согласно “Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности” [44] в помещении должен находиться местный щит управления (МЩУ). Зануление (заземление) электрооборудования установок переменного и постоянного тока должно выполняться в соответствии с ПУЭ.

При возникновении пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения, и звуковая система оповещает всех сотрудников о немедленной эвакуации из здания. В цеху должны быть огнетушители и пожарные краны.

Прокладка всех видов кабелей в металлических газонаполненных трубах – отличный вариант для предотвращения возгорания. При появлении пожара, любой, увидевший пожар должен: незамедлительно заявить о данном в пожарную службу и заявить о происшествии начальнику.

При возникновении пожара возможно его развитие в пожар В класса, согласно ст. 4 гл. 2 [45]. В качестве основного огнетушащего состава для пожаротушения резервуаров топливного хозяйства следует предусматривать воздушно-механическую пену.

Выводы по разделу

Обеспечение соответствия состава композиционного топлива проектным характеристикам занимает центральное место при разработке данной системы. Зачастую в сложных камерах сгорания нельзя использовать неподготовленное топливо. При работе системы топливо-приготовления создается смесь, которую можно напрямую использовать в двигателе. Обеспечение устойчивого функционирования системы топливо-приготовления является необходимым условием работы всей технологической схемы. В случае работы с топливом ключевым фактором устойчивости системы является безопасность.

В процессе выполнения работы были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, а именно произведен анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Инженер-оператор АСУ должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск персонала с III группой подразделяется на работу с сетями до и выше 1000 В, а также дает право единоличного обслуживания, осмотра, подключения и отключения электроустановок от сети до 1000 В. Тяжесть труда согласно [40] относится к категории 1б. По взрывопожарной и пожарной безопасности объект относится к Б классу. По воздействию на окружающую среду данный объект относится к 3 категории, так как оказывает незначительное негативное воздействие.

Согласно [46] данное производственное помещение относится к категории помещений с повышенной опасностью поражения электрическим током.

Заключение

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы разработана автоматизированная система регулирования параметров микро-взрывной фрагментации в камере сгорания авиационного двигателя.

В ходе выполнения работы была разработана схемотехническая проектная документация: схема структурная, схема функциональная, схема монтажная, схема принципиальная электрическая, а также общий вид шкафа автоматизации. Спроектированная система удовлетворяет предъявленным к ней требованиям и обеспечивает: регулирование доли воды в водо-дизельном композиционном топливе в автоматическом режиме, возможность принудительно прервать технологический процесс при возникновении аварийной ситуации.

В пояснительной записке к выпускной квалификационной работе содержится описание выбора оборудования и этапов разработки конструкторской документации. Кроме того, произведен расчет параметров настройки регулятора и определены прямые оценки качества, выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. S.S. Sazhin, O. Rybdylova, C. Crua, M. Heikal, M.A. Ismael, Z. Nissar, A.R.B.A. Aziz, A simple model for puffing/micro-explosions in water-fuel emulsion droplets, *International J of Heat and Mass Transfer* 131 (2019) 815–821.
2. D.V. Antonov, G.V. Kuznetsov, P.A. Strizhak, O. Rybdylova, S.S. Sazhin, Micro– explosion and autoignition of composite fuel/water droplets, *Combust Flame* 210 (2019) 479–489.
3. D. Ogunkoya, S. Li, O.J. Rojas, T. Fang, Performance, combustion, and emissions in a diesel engine operated with fuel-in-water emulsions based on lignin, *Appl. Energy* 154 (2015) 851—861.
4. H. Taghavifar, S. Anvari, A. Parvishi, Benchmarking of water injection in a hydrogen-fueled diesel engine to reduce emissions, *Int. J. Hydrogen Energy* 42 (16) (2017) 11962–11975.
5. S. Fostiropoulos, G. Strotos, N. Nikolopoulos, M. Gavaises, Numerical investigation of heavy fuel oil droplet breakup enhancement with water emulsions, *Fuel* 278 (2020) 118381.
6. J. Shinjo, J. Xia, A. Megaritis, L.C. Ganippa, R.F. Cracknell, Modeling temperature distribution inside a emulsion fuel droplet under convective heating: a key to predicting microexplosion and puffing, *Atomization Sprays* 26 (2016) 551–583.
7. J. Shinjo, J. Xia, Combustion characteristics of a single decane/ethanol emulsion droplet and a droplet group under puffing conditions, *Proc. Combust. Inst.* 36 (2017) 2513–2521.
8. O.G. Girin, Dynamics of the emulsified fuel droplet micro-explosion, *Atomization Sprays* 27 (2017) 407–422.
9. Z. Nissar, O. Rybdylova, S.S. Sazhin, M. Heikal, A.R.B.A. Aziz, M.A. Ismael, A model for puffing/microexplosions in water/fuel emulsion droplets, *International J of Heat and Mass Transfer* 149 (2020) 119208. [12] S.S. Sazhin, *Droplets and Sprays*, Springer, 2014.

10. Antonov D. V. et al. Micro-explosion and autoignition of composite fuel/water droplets //Combustion and Flame. – 2019. – Т. 210. – С. 479-489.
11. Antonov D. V., Volkov R. S., Strizhak P. A. An explosive disintegration of heated fuel droplets with adding water //Chemical Engineering Research and Design. – 2018. – Т. 140. – С. 292-307.
12. Chen X, Khani E, Chen CP. A unified jet fuel surrogate for droplet evaporation and ignition. Fuel 2016;182:284–91. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2016.05.114>.
13. Sazhin S. Droplets and sprays. Droplets and Sprays 2014;9781447163862:1–345. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6386-2/COVER>.
14. Ефимов С. В., Пушкарев М. И., Фадеев А. С. Учебное пособие. Программное обеспечение автоматизированных систем. Томский политехнический университет //Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2020.
15. Волощенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2008. – 108 с.
16. Овен. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owen.ru/catalog> свободный. – Загл. с экрана.
17. ООО «Элемер». Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/elemer100.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
18. Промышленная группа «Метран». Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/metran/pages/index.aspx> свободный. – Загл. с экрана.
19. Крыльчатый расходомер «ЭМИС-ПЛАСТ 220». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://emis-kip.ru/ru/prod/jelektronnyj_rashodomer/ свободный. – Загл. с экрана.
20. SUP-LWGY Турбинный расходомер фланцевое соединение Supmea Automation Co [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://ru.supmeaauto.com/turbine-flowmeter/turbine-flowmeter-flange-connections> свободный. – Загл. с экрана.

21. Датчик давления Метран-150 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metran.ru/catalog/pressure/metran-150/> свободный. – Загл. с экрана.

22. Датчик давления ЭНИ-100 от Российского производителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eni-bbm.ru/ru/catalog/item/24-datchiki-davleniya/1-datchik-davleniya-eni-100> свободный. – Загл. с экрана.

23. ПД200-ДИ интеллектуальный датчик избыточного давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/preobrazovately_izbitochnogo_davleniya_owen_pd200_di_div свободный. – Загл. с экрана.

24. Электроприводы, приводы и клапаны ROTORK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techmarcet.ru/rotork/> свободный. – Загл. с экрана.

25. VANTA 24-006-907 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valfit.ru/search?keyword=VANTA+24-006-907> свободный. – Загл. с экрана.

26. Задвижка чугунная ЛАЗ 30ч939р Ду50 Ру16 с электроприводом ГЗ-А.70/12, 220В [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dn.ru/zadvijka/zadvijka-klinovaya/zadvizhki_chugunnye/laz/30ch939r-s-gz-220/dn50 свободный. – Загл. с экрана.

27. ПЛК160 [M02] контроллер для средних систем автоматизации с DI/DO/AI/AO (обновленный) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk160> свободный. – Загл. с экрана.

28. Программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elesy.ru/products/products/plc.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

29. Корпус навесной ST с М/П ВхШхГ 800x600x200 мм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dkc.ru/ru/catalog/863/R5ST0862/> свободный. – Загл. с экрана.

30. Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на тэс : учебник для вузов / В. С. Андык. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 407 с.

31. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

32. ГОСТ 12.2.032.78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

33. ГОСТ 22269-76 «Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования».

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

35. СНиП 23-03-2003. ЗАЩИТА ОТ ШУМА. Актуализированная редакция.

36. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

37. ГОСТ 12.1.012-2004 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования».

38. СП 2.2.3670-20 “Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда”.

39. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновений и токов».

40. ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

41. ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
42. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
43. ГОСТ 12.1.005-88 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
44. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
45. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
46. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1-6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10. – 2013.