

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей

УДК 681.51:614.844.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ74	Борисова Анастасия Геннадьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШЭ	Медведев Валерий Васильевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Куликова Ольга Александровна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной
программы магистратуры по направлению 13.04.01
«Теплоэнергетика и теплотехника»

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
<i>расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:</i>		
P1	применять передовые знания и достижения для формулирования заданий на разработку проектных решений, проектировать инновационные теплоэнергетические и теплотехнические системы и оборудование, разрабатывать проектные решения, связанные с модернизацией технологического оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1***, УК-2, ПК-1, ПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.1)согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», 20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 16.012 «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве», 16.065 «Инженер-проектировщик технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов и малых теплоэлектроцентралей», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.023 «Работник по расчету режимов тепловых сетей», 20.024 «Работник по ремонту оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16.014 «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 16.064 «Инженер-проектировщик тепловых сетей», 19.011 «Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
<i>производственно-технологическая деятельность:</i>		
P2	интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического,	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», 20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации

*** - универсальные компетенции из СУОС ТПУ (для 2017 г. приема - приказ № 2226 от 01.03.2017 г).

	теплотехнического и теплотехнологического оборудования	эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 16.012 «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.023 «Работник по расчету режимов тепловых сетей», 20.024 «Работник по ремонту оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16. «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 16.064 «Инженер-проектировщик тепловых сетей», 19.011 «Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
P3	применять современные методы и средства практической инженерной деятельности в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-5, ПК-6), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», 20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 16.012 «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.023 «Работник по расчету режимов тепловых сетей», 20.024 «Работник по ремонту оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16. «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 16.064 «Инженер-проектировщик тепловых сетей», 19.011 «Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
P4 (P6)	применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности, разрабатывать мероприятия по безопасности жизнедеятельности персонала и населения, предотвращать экологические нарушения	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», 20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 16.012 «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном,

		жидком топливе и электронагреве», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.023 «Работник по расчету режимов тепловых сетей», 20.024 «Работник по ремонту оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16. «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 16.064 «Инженер-проектировщик тепловых сетей», 19.011 «Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
<i>научно-исследовательская деятельность:</i>		
P5 (P4)	применять глубокие знания для планирования и постановки задачи инновационного инженерного исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки, применять инновационные методы исследования, проводить исследование, критически интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-7), Критерий 5 АИОР (пп.2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16. «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 19.011 «Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
<i>организационно-управленческая деятельность:</i>		
P6 (P5)	руководить коллективом специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, разрабатывать мероприятия по предотвращению экологических нарушений	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОК-2, ПК-8, ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», 20.001 «Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции», 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», 16.005 «Специалист по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе», 16.012 «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве», 20.022 «Работник по оперативному управлению тепловыми сетями», 20.023 «Работник по расчету режимов тепловых сетей», 20.024 «Работник по ремонту оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 20.025 «Работник по эксплуатации оборудования, трубопроводов и арматуры тепловых сетей», 16. «Специалист по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей», 16.064 «Инженер-проектировщик тепловых сетей», 19.011

		«Специалист по управлению балансами и поставками газа»)
<i>педагогическая деятельность:</i>		
P7	осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК-11), Критерий 5 АИОР (пп.1.1, 1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта 01.004 «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. № 608н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 сентября 2015 г., регистрационный № 38993)
<i>Универсальные компетенции</i>		
P8	мыслить абстрактно, обобщать, анализировать, систематизировать и прогнозировать, принимать решения в сложных инженерных задачах с технической неопределенностью и недостатком информации	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОК-1, ОК-2), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	использовать творческий потенциал, саморазвиваться, самореализовываться	Требования ФГОС (УК-6, ОК-3), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	использовать иностранный язык для эффективного взаимодействия в профессиональной сфере	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Профиль 4		
P14	применять современные методы и средства практической инженерной деятельности в автоматизированных системах управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-6, ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.012 Профессиональный стандарт «Специалист по метрологии», 40.057 Профессиональный стандарт «Специалист по автоматизированным системам управления производством», 40.061 Оператор-наладчик автоматических линий

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

Инженерная школа энергетики

Подразделение НОЦ И.Н. Бутакова

Направление 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Научно-технологические технологии измерений и управления в теплотехнике

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления
_____ Стрижак П.А.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ74	Борисовой Анастасии Геннадьевне

Тема работы:

Автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей	
Утверждена приказом директора № 3502/с	06.05.19

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является смешивающее устройство, с помощью которого подготавливается смесь для локализации или тушения пожара. Данная смесь состоит из воды и мелких включений. При разработке системы управления локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматизированного контроля параметров и управления системы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Исследовательские изыскания. 2 Проектирование АСУ локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей. 3 Схема взаимосвязи оборудования верхнего уровня и полевого.

	<p>4 Разработка документации АСУ локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей.</p> <p>5 Расчет параметров настройки регулятора.</p> <p>6. Разработка SCADA системы для АСУ.</p> <p>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p> <p>8. Социальная ответственность.</p>
Перечень графического материала	<p>1. Схемы структурная.</p> <p>2. Схема функциональная.</p> <p>3. Схема принципиальная электрическая щита управления.</p> <p>4. Схема монтажная.</p> <p>5. Общий вид щита управления.</p>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна
Социальная ответственность	Куликова Ольга Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение, Обзор современных систем локализации и тушения (Extinguishing and localization of forest fires. Introduction and review of modern systems)	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		
Доцент ИШЭ	Медведев Валерий Васильевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ74	Борисова Анастасия Геннадьевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 115 с., 21 рис., 28 табл., 61 источников.

Ключевые слова: система пожаротушения, локализация пожара, полидисперсная жидкостная аэрозоль, автоматизированная система управления пожаротушения, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Объектом автоматизации является система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей.

Цель работы – разработка автоматизированной системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей.

В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы АСУ ТП, разработка функциональной схемы, разработка принципиальной электрической схем и общего вида щита управления, выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации.

В результате исследования разработана автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей на основе современных микропроцессорных средств автоматизации.

Основным преимуществом разработанной АСУ ТП является наличие программно-оперативного комплекса на базе SCADA-системы, который осуществляет разделение функций между автоматической системой и оперативным персоналом для повышения качества регулирования и быстродействия системы, а также позволяет вовремя отреагировать на любую сложную ситуацию в процессе эксплуатации системы.

Оглавление

Введение	11
1 Обзор современных систем локализации и тушения	14
2 Разработка структуры АСУ	21
3 Проектирование функциональной схемы АСУ	26
4 Выбор технических средств АСУ	30
4.1 Выбор тепловизора	30
4.2 Выбор датчика расхода	31
4.3 Выбор вискозиметра	32
4.4 Выбор датчика давления	34
4.5 Выбор воздухоудовки	35
4.6 Выбор сигнализатора уровня	36
4.7 Выбор регулирующего устройства	36
4.8 Выбор исполнительного механизма	39
4.9 Выбор устройства ручного управления	39
4.10 Выбор пускового устройства	40
4.11 Выбор циркуляционного насоса	40
5 Проектирование принципиальной схемы АСУ	41
6 Проектирование монтажной схемы АСУ	44
6.1 Выбор проводов и кабелей	46
7 Проектирование щита автоматизации	48
8 Расчет параметров настройки регулятора	50
8.1 Идентификация объекта управления	50
8.2 Расчет параметров настройки регулятора	52
9 Разработка математического, программного и информационного обеспечений	60
9.1 Математическое обеспечение АСУ ТП	60
9.2 Программное обеспечение АСУ ТП	62
9.3 Информационное обеспечение АСУ ТП	62
10 Разработка SCADA-системы	64
11 Особенности функционирования разработанной системы	66
12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69

12.1 Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы.....	69
12.2 Планирование комплекса работ НИР.....	71
12.3 SWOT- анализ.....	74
12.4 Бюджет научно-исследовательской работы	75
12.5 Потенциальные риски.....	81
12.6 Эффективность исследования.....	82
13 Социальная ответственность.....	85
13.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
13.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	90
13.5. Превышение уровня шума	91
13.6. Поражение электрическим током	92
13.7. Механическое воздействие.....	93
13.8. Экологическая безопасность	94
13.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
Заключение.....	98
Список публикаций студента.....	99
Список использованных источников	100
Приложение А Заказная спецификация средств автоматизации	107
Приложение Б Листинг программы срабатывания регулирующих органов и насосов.....	109
Приложение В Мнемосхема автоматизированной системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных неоднородных жидкостных аэрозолей.....	112
Приложение Г Диаграмма Ганта	113
Приложение Д Extinguishing and localization of forest fires.	
Introduction and review of modern systems	114
Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.005 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.005 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.005 Э3	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.005 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.005 ВО	Общий вид щита автоматизации

Введение

Леса играют большую роль в жизни людей и животных. Площадь, покрытая лесом, составляет около 3 млрд. гектара, а биомасса - около 1600 млрд. тонн сухого вещества. Влияние леса на окружающую среду очень велика. Леса регулируют сток воды - интенсивность таянья снега, выравнивают температурный режим (уменьшая амплитуду колебаний температуры), очищают воду и воздух от различных примесей. Также леса стабилизируют атмосферные явления, снижая скорость ветра, поглощая или конденсируя вредные вещества и выделяя кислород. Важно заметить, что леса являются также источником получения древесины и другой продукции, необходимой для развития многих отраслей.

Загрязнением атмосферного воздуха углекислым газом и продуктами пиролиза лесных горючих материалов сопровождаются лесные пожары. При лесных пожарах частички сажи, состоящие из углерода и продуктов неполного сгорания древесины, попадают в окружающую среду. Задымление окружающего воздуха приводит к ухудшению микроклимата земли: увеличению количества туманных дней, снижению прозрачности атмосферы и, как следствие, уменьшению видимости, освещенности и ультрафиолетового излучения [1]. Даже очень небольшие концентрации некоторых веществ, выделяемые при пожаре, очень опасны. Лесные пожары являются источником глобальных экологических, экономических, а также социальных проблем для многих стран мира [2–4].

Ликвидация лесных пожаров сопровождается рядом трудностей [5–7]. Определяющее влияние на процесс подавления реакции термического разложения лесных горючих материалов (ЛГМ) оказывают погодные условия, например, такие как ветер и солнце [5]. Все ЛГМ условно можно разделить на 3 класса [8, 9].

1. Легковоспламеняющиеся и быстрогорящие (хвоя, мелкие ветки, сухая трава, опавшие листья, сучья, некоторые кустарнички, самосев и др.), которые

способствуют быстрому распространению огня и служат воспламенителями для медленно воспламеняющихся материалов.

2. Медленновоспламеняющиеся и медленногорящие лесные горючие материалы (валежник, пни, сухостой, нижние слои лесной подстилки, кустарники и деревья), способствующие развитию горения.

3. Травянистые растения и мхи, которые вследствие высокого содержания влаги сдерживают распространение горения.

В зависимости от пород деревьев продолжительность лесных пожаров (время горения на одном метре) различна. Времена приведены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Продолжительность горения лесных пожаров

Порода деревьев	Продолжительность горения, мин
Хвойный лес	60...180
Смешанный лес	30...120
Лиственный лес	30...60

Независимо от породы деревьев пожары в завалах могут продолжаться 12–16 ч; длительность пожаров в населенных пунктах городского типа - 3–5 суток, сельского - до 12 ч, на технической позиции - от одних до нескольких суток.

Также немаловажным фактором является суточный цикл развития пожара [10]. Вследствие достаточно частых засух, продолжительного отсутствия осадков, высоких температур для ряда регионов мира (особенно, в Австралии, США, Канаде, Португалии, России и других странах) благоприятные для подавления горения погодные условия маловероятны. Необходимы эффективные технологии пожаротушения.

Лесные пожары, которые загрязняют окружающую среду, наносят огромный ущерб животному и растительному миру. Из-за пожаров резко

ухудшаются условия естественной регенерации лесов, они приводят к образованию редины и пустырей. Особенно сильное влияние лесные пожары оказывают в районах, где распространены неустойчивые экосистемы. Сокращение кормовой базы, вызывает миграцию и сокращение численности диких животных. Лесные пожары повреждают или уничтожают ценные породы древесины и пагубно влияют на возобновление ресурсов. Лишая почву растительного покрова, они приводят к серьезному и долговременному ухудшению состояния водосборных бассейнов, снижают ценность ландшафтов. При этом страдают или гибнут дикие животные, сгорают постройки и жилые дома, погибают люди.

Так как пожары наносят большой вред на окружающую среду и людей, есть необходимость в поиске новых способов тушения пожаров. В данной магистерской диссертации разработана автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей. Полидисперсная жидкость состоит из природных материалов (песка, графита, глины и т.д.) и воды, то есть экологически чистая. Данный способ тушения увеличивает площадь покрытия пламени аэрозолем, а также уменьшает время тушения.

1 Обзор современных систем локализации и тушения

Опасность лесных пожаров для людей связана не только с прямым действием огня, но и с изменением климатических условий [11].

При тушении лесных пожаров применяют следующие способы и технические средства:

- захлестывание огня (сбивание пламени) по кромке пожара;
- засыпка кромки пожара грунтом;
- прокладка заградительных и опорных минерализованных полос и канав;
- отжиг горючих материалов перед фронтом пожара;
- тушение водой и огнетушащими растворами
- тушение с применением техники.

Выбор способов и технических средств для тушения лесного пожара зависит от вида, интенсивности и скорости распространения огня, окружающей обстановки, наличия сил и средств пожаротушения, намечаемых тактических приемов и сроков тушения, а также метеорологической обстановки.

Захлестывание (сбивание) огня на кромке пожара применяют для остановки продвижения пламени, применяя обычно пучок свежесломанных ветвей лиственных пород, срубленное небольшое деревце длиной 1.5...2 м или же иные подручные средства, к примеру, мешковину, прорезиненную ткань либо другую материю, прикрепленную к палке (рис. 1.1). Сбивание огня на кромке пожара указанными средствами осуществляют при тушении низовых пожаров слабой и средне интенсивности.



Рисунок 1.1 – Захлестывание пламени на кромке пожара [12]

Засыпку кромки пожара грунтом применяют на легких песчаных и супесчаных слабо задернелых почвах, когда применение захлестывания огня малоэффективно, а быстрая прокладка заградительных полос невозможна. Для засыпки кромки грунтом из прикопок лопатой берут грунт и веером бросают на горящую кромку (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Засыпка кромки пожара [12]

Заградительные полосы создают вокруг пожара или же на особо опасных направлениях его распространения [12]. Минерализованную грунтовую полосу прокладывают шириной от 0,5 до 3,0 м, а в условиях лесостепи и в разреженных древостоях - не менее 10-15 м. Заградительные полосы организуют вручную

(лопата, топор), с помощью почвообрабатывающих устройств (плуг, культиватор, канавокопатель, бульдозер), смесей химических огнезадерживающих веществ или же способом отжига (уничтожение пламенем горючих материалов). Локализация проводится одновременно с тушением кромки пожара. При сильнодействующих пожарах, когда непосредственное тушение кромки невозможно, заградительную полосу создают на некотором расстоянии от фронтальной кромки пожара или проводят в направлении пожара отжиг и тем самым обеспечивают остановку горения и локализации лесного пожара. Для полной локализации заградительную полосу прокладывают вдоль периметра кромки пожара, образуя замкнутый контур или отдельные отрезки, соединяющиеся с естественными преградами, что обеспечивает локализацию лесного пожара и не позволяет ему распространяться за пределы заградительной полосы.

Отжиг - наиболее действенный способ, применяемый при тушении верховых, а также низовых пожаров высокой и средней интенсивности [12]. Данный способ позволяет быстро останавливать распространение таких пожаров небольшими по численности силами.

Пуск отжига проводится от имеющихся на лесной площади рубежей (дорог, троп, рек, ручьев, проложенных в порядке противопожарной профилактики минерализованных полос и других природных или искусственно созданных преград распространению огня), а при отсутствии таких преград вблизи пожара - от опорных полос, специально проложенных вручную, помощь почвообрабатывающих орудий, взрывчатых материалов, растворов химических веществ и другим способом, шириной 0,3...0,5 м (рис. 1.3) [12].



Рисунок 1.3 – Отжиг пожара [12]

Более действенным и распространенным средством тушения лесных пожаров считается вода. Она может применяться для тушения низовых, верховых (устойчивых) и почвенных (подстилочных и торфяных) лесных пожаров, причем в зависимости от вида пожара, условий, в которых он распространяется, наличия воды и вида используемых механизмов применением этого способа могут решаться задачи как предварительной остановки распространения кромки пожара, так и полного его тушения.

Вода используется из имеющихся вблизи пожара рек, озер, ручьев и других водных источников или привозная в пожарных автоцистернах, в цистернах специальных лесопожарных агрегатов, в съемных цистернах разных типов и в других емкостях.

Тушение с использованием техники рекомендовано для удаленных, быстро распространяющихся лесных пожаров в районах авиационной охраны лесов, а также пожаров, действующих на участках лесного фонда, загрязненных радионуклидами.

Используются самолеты-танкеры, взлетающие с сухопутных аэродромов и гидросамолеты (амфибии), а также пожарные танки (типа ГМП-64) оснащенные специальными емкостями для забора, перевозки и слива воды и огнетушащих составов на кромку пожара или создания перед фронтом пожара заградительной полосы, а также вертолеты с выливными устройствами.

Применяется также искусственное вызывание осадков из облаков для тушения крупных пожаров, тушение которых обычными средствами невозможна или малоэффективна, а также для тушения в отдаленных лесхозах (или районах) одновременно действующих небольших очагов, случаях массового их возникновения.

В таблице 1.2 приведены нормы расхода сил и средств на локализацию и тушение лесных пожаров, приведенных на сайте <http://voenservice.ru>.

Таблица 1.2 - Нормы расхода сил и средств на локализацию и тушение лесных пожаров

Виды работ и способы локализации (тушения) пожара	Силы и средства	Производительность, м/ч
Устройство заградительных полос шириной 8 м:		
в спелом лесу	2хБАТ (2 бульдозера)	500-600 (работа с уступом)
в мелколесье	2хБАТ (2 бульдозера)	2000-2200
Расширение заградительных полос в пределах 30-50 м:		
в спелом лесу	2хБАТ	100-120
в мелколесье	2хБАТ	400-500
Устройство заградительных полос взрывами шириной 10 м	25 чел. + 8 подрывников + (2-3) кг/м ВВ	100-150
Устройство заградительных полос шириной 20 м	100 чел. + 1 сап. Отд. 4хМП «Дружба»	10-12
Пуск встречного огня подручными средствами	1 чел.	400-500
Устройство заградительных полос шириной 8 м в торфянике толщиной 30 см	2хБАТ	1000-1100 (работа уступом)
Тушение кромки огня водой	1хАРС-12Д	30-40
Тушение кромки огня присыпкой вручную	10 чел.	0,1 га

Для предохранения личного состава от ожогов применяют индивидуальные средства защиты кожи. Технику периодически поливают водой или укрывают мокрым брезентом.

Как показывает практика, для усиления огнетушащих свойств воды используют особые химические вещества (смачивающие, огнезадерживающие и огнетушащие) [13]. В последние годы отечественные и зарубежные фирмы предлагают ряд огнетушащих составов (в основном смачивающие и огнезадерживающие) [14]. Огнезадерживающие химические составы увеличивают вязкость тушащей жидкости. Добавление же поверхностно-активных добавок (смачивателей) [14], напротив, значительно уменьшают поверхностное натяжение воды, что способствует увеличению ее растекаемости по поверхности и способствует дроблению на мелкие капли [15]. Огнетушащие и огнезадерживающие средства представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Огнетушащие и огнезадерживающие средства [16]

Огнетушащие средства	Огнезадерживающие средства
твердый диоксид углерода	галоидоуглеводороды
пена: химическая, воздушно-механическая	бромистый этил
негорючие сыпучие вещества: песок, земля, шлаки, флюсы, графит, бентонит, бишофит	хладоны 114В2 (тетрафтордибромэтан) и 13В1 (трифторбромэтан) 4НД; 7; БМ, БФ-1, БФ-2;
огнетушащие порошковые составы (ОПС); ПС, ПСБ-3, СИ-2, П-1А	водобромэтиловые растворы (эмульсии)
азот, аргон, летучие ингибиторы	огнетушащие порошковые составы

В настоящее время одним из важнейших направлений развития технологий в пожаротушении считается интенсификация теплообмена тушащей жидкости с

продуктами горения в зоне пламени [17–22]. Традиционный подход измельчения капель при распылении тушащих жидкостей имеет достаточно большое количество ограничений [17–22]. В основном, эти ограничения связаны с уносом из зоны горения газовыми потоками (продуктами сгорания) мелких (размеры менее 0,5 мм) капель. К тому же, в реальной практике нередки случаи, когда капли тушащих жидкостных составов в процессе движения через огонь коагулируют. Эти эффекты затрудняют выбор начальных размеров капель и их контроль в процессе движения с целью интенсификации их испарения в пламенной зоне горения для поглощения энергии пожара, а также вытеснения окислителя и продуктов сгорания парами тушащей жидкости.

Кроме измельчения капель довольно значительную интенсификацию теплообмена в зоне пламени можно обеспечить за счет добавления специализированных примесей и включений в тушащие жидкостные составы. В последние годы предложено достаточно большое количество подходов в этом направлении (например, [23]). Основной акцент обычно делается на повышении скоростей испарения жидкости в пламени при введении в него таких двухфазных, многофазных и даже гетерогенных газопарокапельных смесей. Результаты экспериментальных и теоретических исследований [23-25] дают основание для гипотезы о возможности существенной интенсификации фазовых превращений при введении инородных примесей и твердых непрозрачных включений в типичную тушащую жидкость – воду, а также различные эмульсии на ее основе.

2 Разработка структуры АСУ

В данной работе экспериментальные исследования проводились с водными растворами, в которые добавлялись различные добавки в виде песка, глины, земли, бишофита, бентонита и графита (рис. 2.1). Данные добавки выбраны на основании таблицы 1.3, так как они являются негорючими и в большинстве случаев природными. В работе фиксировались времена тушения ЛГМ с данными растворами. Так как одни из них растворяются в воде, а другие нет, то способы подачи воды тоже различны.

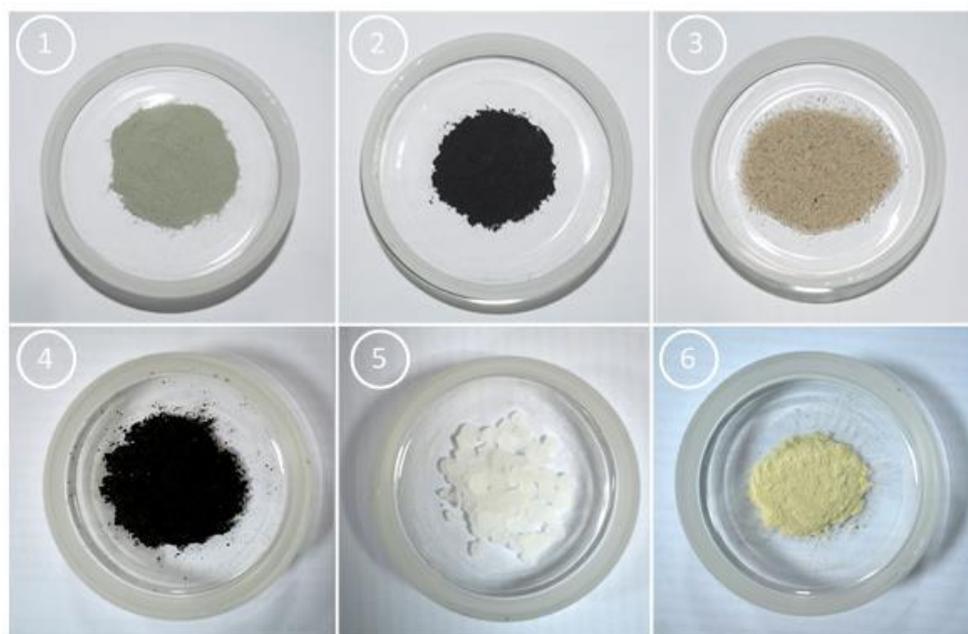


Рисунок 2.1 – Внешний вид добавок: 1 – голубая глина; 2 – графит; 3 – песок; 4 – земля; 5 – бишофит; 6 – бентонит

Эксперименты проводились на модельных очагах. При создании модельных очагов использовались специализированные полые цилиндры высотой $h=80$ мм и диаметром d , выполненные из гофрированного алюминия (рис. 2.2). Диаметр d в проведенных экспериментах варьировался в диапазоне 115–185 мм. Цилиндры заполнялись смесью ЛГМ в массовом соотношении компонентов: листья березы – 25 %, хвоя сосны – 15 %, ветки лиственных пород деревьев и шишки – 60 %.

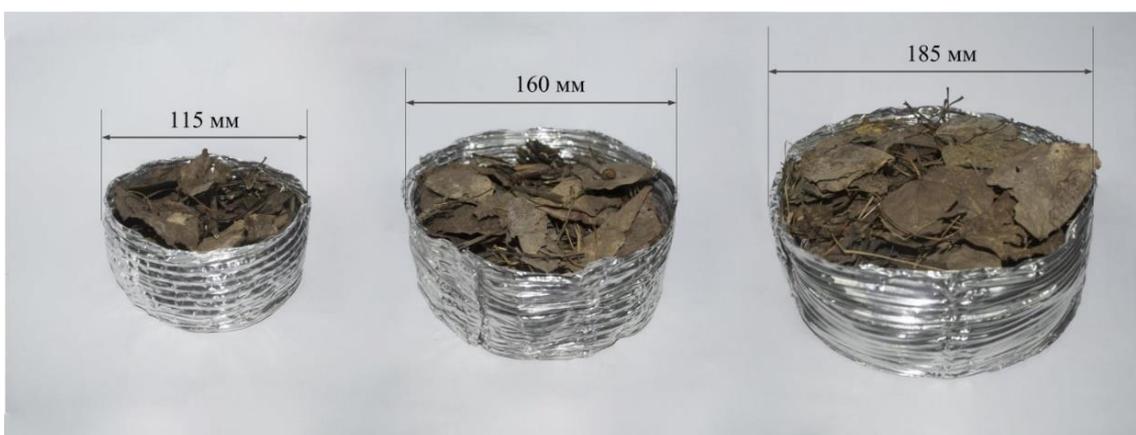


Рисунок 2.2 - Внешний вид используемых модельных очагов

При тушении модельного очага водой через 30 с после начала тушения максимальная температура очага становится ниже $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в течении последующих 60 с равномерно снижается до температуры $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При тушении модельного очага водой с добавлением нерастворимых добавок, таких как графит, песок и земля через 10-15 с после начала тушения максимальная температура очага становится ниже $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в течении последующих равномерно снижается до температуры $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для приготовления растворов с вышеописанными добавками и определенной концентрацией этих добавок на реальном объекте (например, пожарной танк или самолёт) необходима ёмкость, в которой будет происходить перемешивание воды с нерастворимыми включениями, чтобы исключить их оседание на дне ёмкости и образование комков. Для обеспечения постоянного перемешивания смеси и контролем за её концентрацией необходимо данную систему автоматизировать, то есть разработать АСУ.

В данной работе разрабатывается установка для механического смешения компонентов суспензий, предназначенная для производства жидких растворов с определенной концентрацией какого-либо компонента методом механического перемешивания раствора. В АСУ процесса приготовления суспензий основной регулируемой величиной является концентрация твердых частиц в готовой смеси.

К разрабатываемой АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий приводятся следующие требования:

- высокая точность и стабильность приготовления и дозирования суспензий;
- модульность конструкции регулирующего устройства с возможностью замены неисправного сменного элемента;
- регулирующее устройство должно поддерживать языки программирования в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61131–3–2016[26];
- в качестве датчиков измерения расхода необходимы датчики для измерения расхода вязких сред;
- ёмкости для хранения и смешения компонентов эмульсий должны быть выполнены из нержавеющей стали;
- удобство технического обслуживания, эксплуатации и ремонтпригодность приборов;
- АСУ должна быть организована по трехуровневому принципу.

На этапе выбора структуры объекта автоматизации имеются наибольшие возможности обеспечения требуемого уровня надежности, ремонтпригодности и эффективности технической системы. В данной работе рассматривается вариант измерения вязкости смеси на выходе из смешивающего устройства. Данная структурная схема, которая представлена на рисунке 6, предусматривает измерение концентрации твердых включений в смеси датчиком вязкости ДВ (вязкость в концентрацию пересчитывается непосредственно в ПЛК). Концентрация смеси регулируется за счет дросселирования потока вещества через регулирующие органы РО1, РО2, РО4, РО5, установленные на трубопроводе. Регулирующий орган РО3 расположен на выходе из смешивающего устройства. Значение вязкости с датчика вязкости ДВ поступает в программируемый логический контроллер ПЛК, а затем на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. В ПЛК данные с ДВ сравниваются с заданным значением, если регулируемая величина равна заданному значению, то АСУ находится в состоянии равновесия. При

отклонении расхода от заданного значения равновесие нарушается, ПЛК формирует сигнал рассогласования между регулируемой величиной и ее заданным значением, после чего происходит преобразование сигнала рассогласования по типовым законам регулирования. ПЛК подает выбранное управляющее воздействие на соответствующее устройство блок ручного управления БРУ(РО1), БРУ(РО2), БРУ(РО3), БРУ(РО4), БРУ(РО5), БРУ(РО6) оно осуществляет переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно. Далее сигнал усиливается по мощности в соответствующих пусковых устройствах ПУ(РО1), ПУ(РО2), ПУ(РО3), ПУ(РО4), ПУ(РО5), ПУ(РО6) которые осуществляют пуск исполнительного механизма ИМ(РО1), ИМ(РО2), ИМ(РО3), ИМ(РО4), ИМ(РО5), ИМ(РО6). В исполнительном механизме электрический сигнал преобразуется в механическое перемещение соответствующего регулирующего органа РО1, РО2, РО3, РО4, РО5, РО6 которые открывают или прикрывают регулирующие клапаны до тех пор, пока регулируемая величина не будет равна заданному значению. Датчик давления ДД необходим для контроля давления внутри смешивающей ёмкости. Измеряемый параметр передается на ПЛК и АРМ оператора. При достижении максимальной уставки измеряемого параметра ПЛК формирует сигнал на ПУ(РО6) на открытие заслонки для снижения давления в ёмкости. На выходе с помощью ДР контролируется расход тушащей смеси.

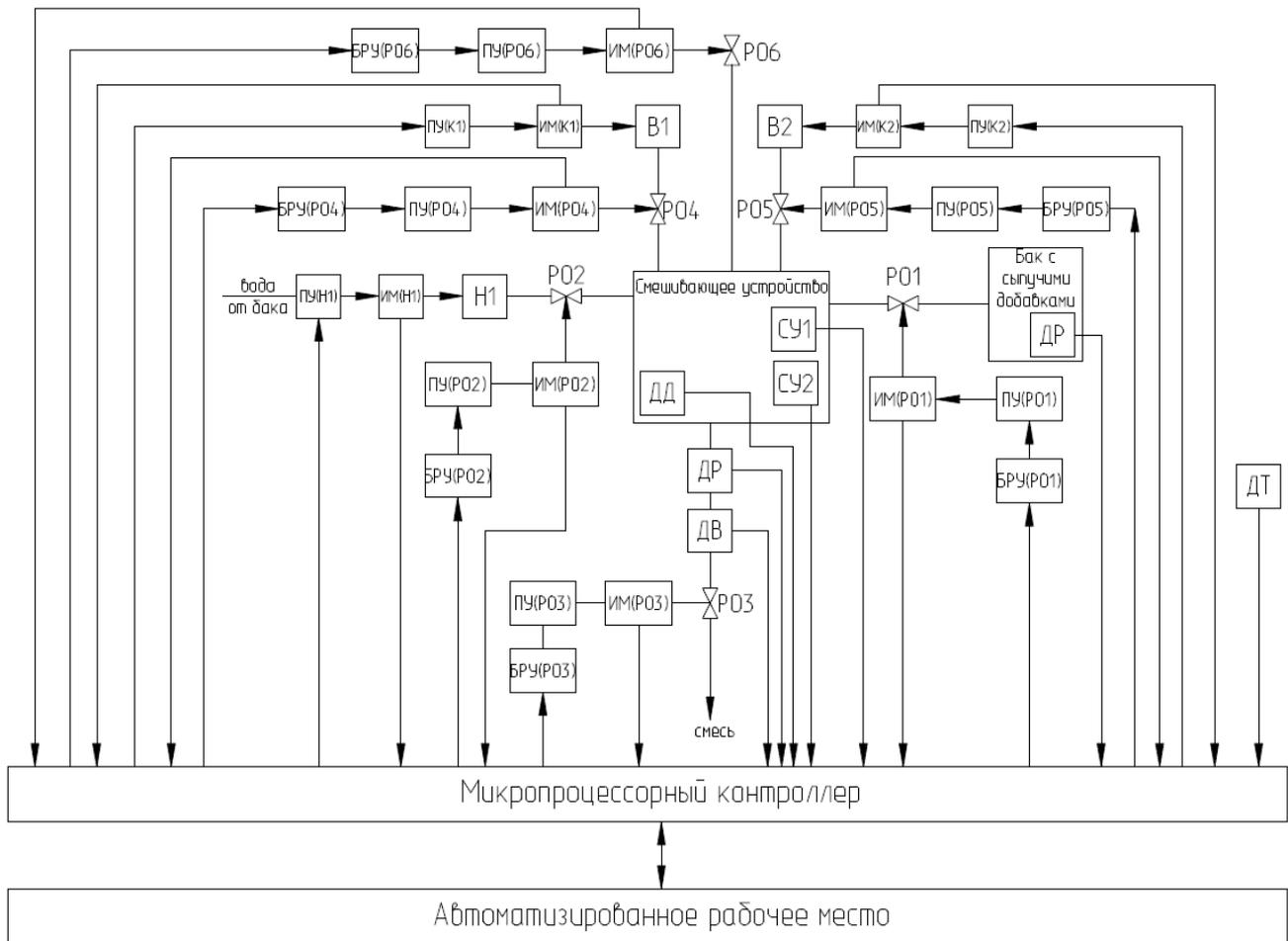


Рисунок 2.3 – Структурная схема автоматизированной системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей

Таблица 2.1 – Условные обозначения

Обозначение	Наименование
БРУ	Блок ручного управления
В	Воздуходувка
ДВ	Датчик вязкости
ДД	Датчик давления
ДР	Датчик расхода
ДТ	Датчик температуры
ИМ	Исполнительный механизм
Н	Насос
ПУ	Пусковое устройство
РО	Регулирующий орган
СУ	Сигнализатор уровня

3 Проектирование функциональной схемы АСУ

Основным техническим документом при проектировании системы автоматизации технологических процессов является функциональная схема АСУ, которая определяет структуру и характер, как системы в целом, так и отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения их приборами и средствами автоматизации. Объектом автоматизации является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с регулирующими органами.

При разработке функциональных схем автоматизации технологических процессов решаются следующие задачи:

- 1) сбор первичной информации;
- 2) сбор информации о состоянии оборудования;
- 3) сбор информации о регистрируемых параметрах и процессах;
- 4) сбор информации о работе оборудования;
- 5) формирование управляющих воздействий.

Технологическое оборудование функциональной схемы изображено в виде упрощённых контуров в соответствии с ГОСТ 21.403–80 [27]. На технологических трубопроводах показывается только регулирующая и запорная арматура, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации [28]. Приборы и вспомогательную арматуру, преобразователи, и датчики изображают на функциональной схеме в соответствии с ГОСТ 21.208–2013 [29].

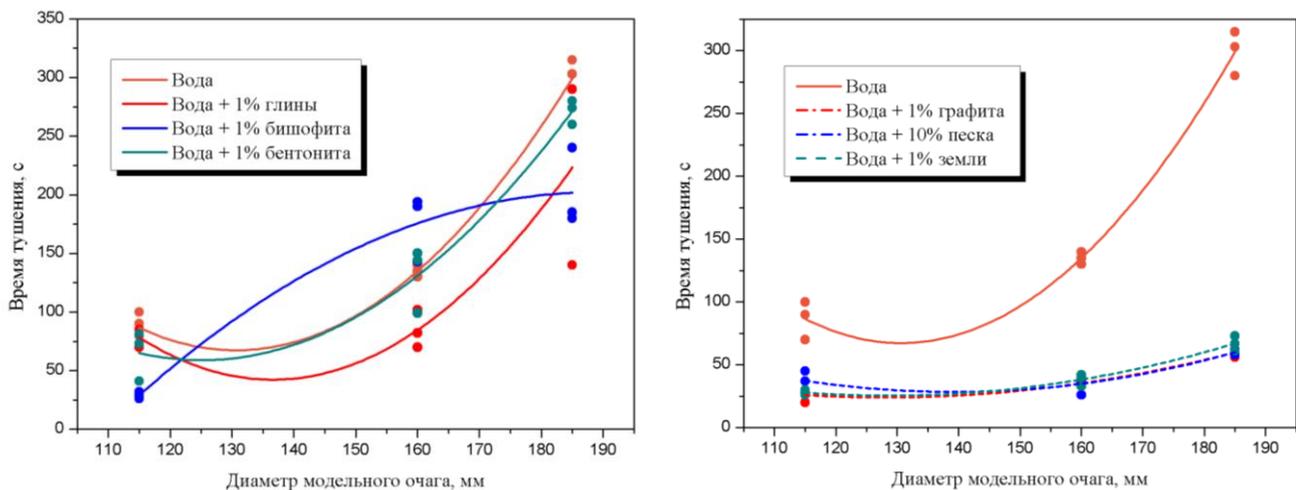
На первом этапе разработки функциональной схемы определялись измерительные каналы и каналы управления. Измерительный канал 3 посредством датчика вязкости, формируют сигнал о концентрации компонентов готовой смеси и значения поступают к регулирующим устройствам в виде унифицированного токового сигнала. Полученные сигналы с датчика передаются на контроллер, где происходит сравнение полученных значений с заданными значениями. Затем, контроллер подаёт управляющее воздействие на пусковое устройство, что приводит в движение соответствующий исполнительный механизм. С помощью каналов 1 и 2 происходит управление

регулирующими органами и насосами, с помощью которых происходит заливка воды/высыпание твердых частиц. Измерительный канал 5 служит для высыпания определенного количества твердых частиц. При достижении определенного высыпаемого объема сигнал подается на канал 1. Канал 4 служит для контроля за уровнем смеси в смешивающем устройстве. С помощью 8 канала происходит контроль давления в емкости.

На втором этапе разрабатывалась нижняя часть функциональной схемы, в которой изображены щит управления и приборы, установленные по месту – блоки ручного управления и пусковые устройства. В щите управления установлен контроллер.

Функциональная схема АСУ приготовления суспензий представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.005 СО2.

Данная функциональная схема разработана для системы подготовки суспензий для пожаротушения и локализации пожаров. Исследования показали, что время тушения очагов водой с добавлением включений меньше, чем тушение чистой водой (рис. 3.1).



а)

б)

Рисунок 3.1 – Длительности подавления термического разложения смеси ЛГМ с примесями: а) – растворимыми в воде, б) – нерастворимыми в воде

В качестве более детального исследования использована неоднородная капля (рис.3.2), которая состоит из графитового включения (размерами 2...4 мм) и капли воды, объем которой варьируется (5, 10, 15мкл).

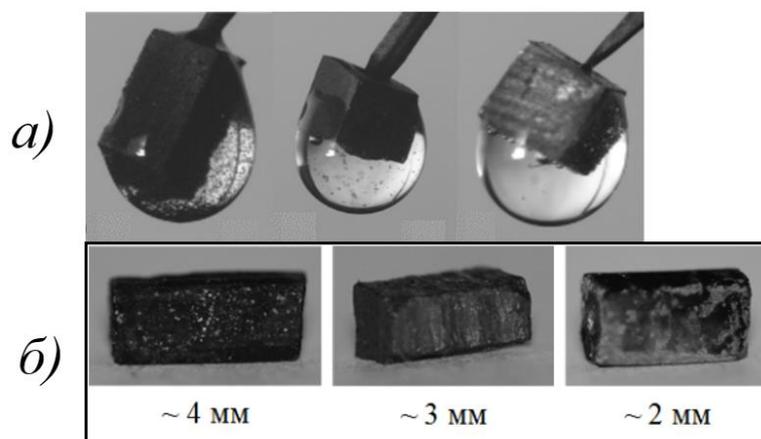


Рисунок 3.2 – Капли воды (объемом 5, 10, 15 мкл) с графитовыми включениями различных размеров (а); графитовые включения (б)

На рисунке 3.3 представлены зависимости, характеризующие увеличение суммарной площади теплообмена всех отделившихся капель по отношению к начальной площади, капли воды от отношения объемов воды и включения в неоднородной капле жидкости. Отсюда можно сделать вывод, что при тушении лесного пожара водой с добавлением примесей площадь поверхности тушения будет увеличена за счет отлёта мелких капель от источников теплообмена (включений).

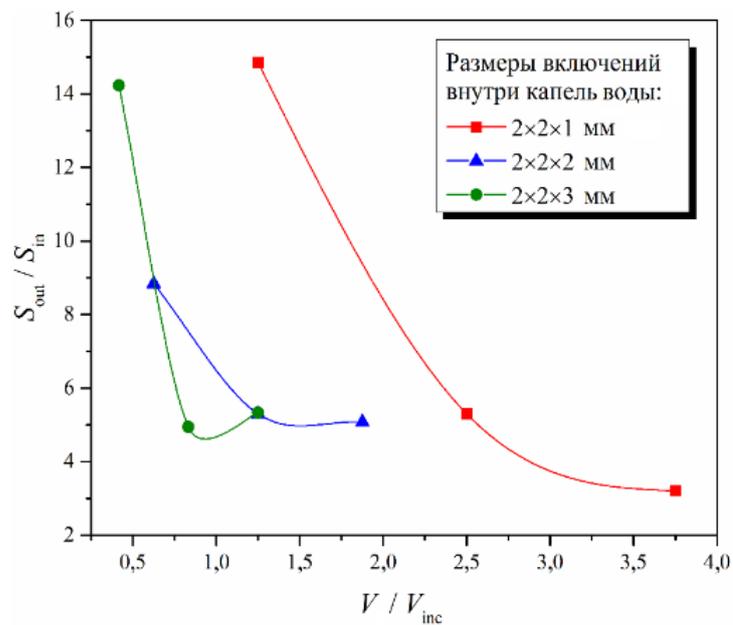


Рисунок 3.3 – Зависимости отношения площади поверхности испарения воды после взрывного дробления S_{out} к начальной площади поверхности S_{in} капли (объемом 5, 10 и 15 мкл) от отношения объемов воды V и включения V_{inc} в неоднородной капле жидкости

4 Выбор технических средств АСУ

4.1 Выбор тепловизора

При тушении пожара необходимо заливать самые горячие участки на поверхности земли. Для определения самых горячих участков горения удобно использовать тепловизор, так как с помощью него можно увидеть картинку с полем температур и можно лить воду непосредственно в горячую точку, тем самым экономя воду. Например, в сериях экспериментов проводилось тушение модельных очагов водой (рис. 4.1.1). Для генерации дисперсного потока использовалась система, состоящая из распылительной форсунки, емкости с водой под давлением и подводящего канала. Спустя 40 с (время, достаточное для горения всей навески ЛГМ) после зажигания модельного очага осуществлялось открытие запорного клапана, и вода из емкости подавалась на вход распылителя. Распыление продолжалось до момента полного подавления горения модельного очага (фиксировался по показаниям тепловизора). Показания с тепловизора легко читаются и удобно в использовании в реальном времени.

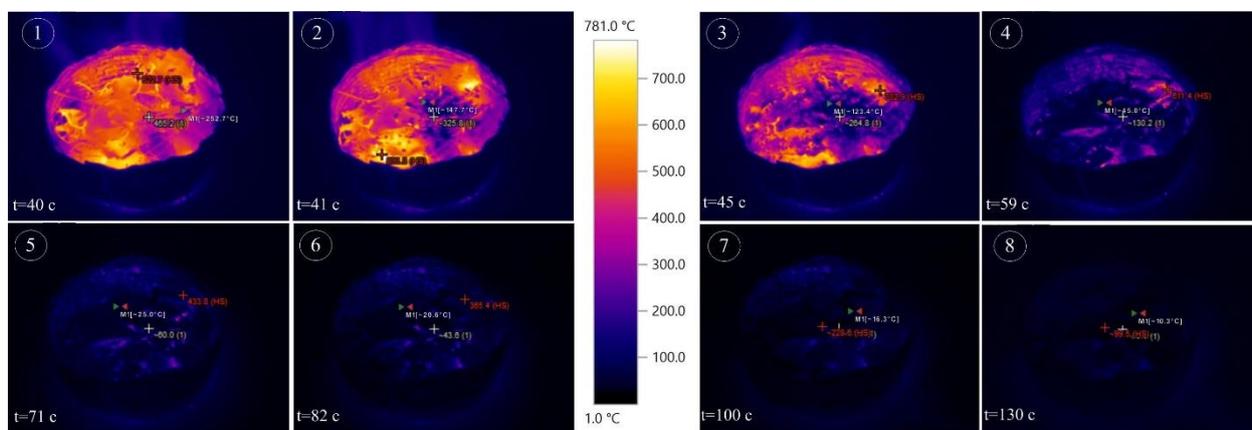


Рисунок 4.1.1 – Кадры тепловизионной регистрации модельного очага горения (диаметр $d=160$ мм) при тушении водой: 1 – до тушения; 2...7–во время тушения; 8 – момент полного подавление горения.

В данной работе рассматривались тепловизоры «DALI F2-G» [30] и «InfraTec VarioCAM HD head» [31]. В таблице 4.1.1 приведены характеристики тепловизоров.

Таблица 4.1.1 – Технические характеристики и параметры тепловизоров DALI и InfraTec VarioCAM HD head

Технические характеристики	Тип тепловизора	
	DALI F2-G	InfraTec VarioCAM HD head
Разрешение матрицы	384x288	1024 × 768
Диапазон фиксации температур	-20...600 °С	-40...1200 °С
Габаритные размеры	190x128x273 мм	190 x 90 x 94 мм
Интерфейс	-	RS-232
Дальность съемки	-	1000 м

Проведя анализ технических характеристик и параметров тепловизоров, выбираем тепловизор InfraTec VarioCAM HD head, так как данный тепловизор имеет большой диапазон измеряемых температур, ведёт съемку на дальние расстояния и имеет интерфейс, а он необходим, для вывода информации на экран диспетчеру.

4.2 Выбор датчика расхода

В исследованиях в качестве тушащих жидкостей для тушения ЛГМ применялись вода и составы на основе воды с добавлением глины, графита, песка, земли, бишофита, бентонита (рис. 2.1), относительная массовая концентрация которых в растворе сохранялась в количестве 1 %, кроме песка, массовая концентрация в растворе которого составила 10%.

В процессе производства суспензий необходимо измерять расход твердых включений, так как необходимо создавать смесь с определенной концентрацией. Для контроля концентрации необходимо выбрать расходомер. Также необходимо выбрать расходомер для готовой жидкости, обязательным условием является то, что расходомер должен работать в агрессивной среде.

В данной работе рассматривались расходомеры «SolidFlow»[32] и «DensFlow»[33] для сыпучих сред и «LM OG I-PVC, 1/2»[34] для готовой смеси. В таблице 4.2.1 представлены характеристики данных расходомеров.

Таблица 4.2.1 – Технические характеристики и параметры расходомеров DensFlow, SolidFlow и LM OG I-PVC, 1/2

Технические характеристики	Тип расходомера		
	DensFlow	SolidFlow	LM OG I-PVC, 1/2
Рабочая температура	-20...60 °С	-20...60 °С	-10...45°С
Максимальное давление	16 бар	1 бар	10 бар
Рабочая частота	100 кГц	24,125 ГГц	-
Токовый выход	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Вес	в зависимости от диаметра	1,3 кг	2 кг
Погрешность	±2...5%	±2...5%	±0,5%

Проведя анализ технических характеристик и параметров датчиков расхода, выбираем расходомер DensFlow и LM OG I-PVC, 1/2, так как для данной системы они обладают наилучшими характеристиками, имеют необходимое рабочее давление и погрешность в пределах $\pm 2...5\%$ и $\pm 0,5\%$. В остальных характеристиках данные расходомеры идентичны.

4.3 Выбор вискозиметра

Так как в исследованиях относительная массовая концентрация глины, графита, песка, земли, бишофита и бентонита в растворе сохранялась в количестве 1 %, а песка, массовая концентрация в растворе составила 10%, то для оценки качества выпускаемой продукции и определения соответствия вязкости полученной смеси заранее заданной, необходим вискозиметр. Вязкость будет варьироваться в диапазоне от 0,01 Па·с до 2,022 Па·с.



Рисунок 4.3.1 – Раствор с добавлением: 1 – голубой глины; 2 – графита; 3 – песка; 4 – земли; 5 – бишофита; 6 – бентонита

Рассмотрим вискозиметр фирмы «Emerson».

Вилочные вискозиметры Micro Motion от «Emerson» – это быстрые погружные многопараметрические преобразователи для измерения вязкости, плотности и температуры в резервуарах [35]. Данные вискозиметры оборудованы новейшим и инновационным встроенным преобразователем.

Технические характеристики и параметры вискозиметра Micro Motion приведены в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Технические характеристики вискозиметра Micro Motion

Технические характеристики	Тип вискозиметра: FVM-1XA-720-AAC
Пределы измерения вязкости, Па·с	0,0005÷20
Пределы измерения плотности, кг/м	0...3000
Пределы измерения температуры, °С	-40...150
Выходные сигналы, мА	4...20
Напряжение питания, В	24

Выбираем вискозиметр фирмы Emerson, так как он имеет необходимые пределы измерений и встроенный преобразователь, что упрощает монтаж оборудования и уменьшает погрешность измерений. На рынке, это единственный вискозиметр, который устанавливается в трубопровод и способен передавать сигналы.

4.4 Выбор датчика давления

Для контроля давления в баке смешения необходимо установить датчик давления. Главным критерием при выборе данного датчика является максимальное давление, которое рассчитывается по следующей формуле:

$$P_b = \rho * g * h + P_v, \quad (4.4.1)$$

$$P = (997 * 0,3 + 1,275 * 0,3 + 2230 * 0,3) * 9,8 * 1,5 + 20000 = 34237 \text{ Па}$$

В данной работе рассматривались преобразователи давления «ПД100И-121»[36] и «ПД200-ДИ»[37]. В таблице 4.4.1 представлены характеристики данных преобразователей давления.

Таблица 4.4.1 –Технические характеристики преобразователей давления «ПД100И-121» и «ПД200-ДИ»

Технические характеристики	Тип преобразователя давления	
	ПД100И-121	ПД200-ДИ
Минимальный / максимальный верхний предел измерений	0,01 / 2,5 МПа	0,00063/6,0 МПа
Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА	4...20 мА
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-40...100 °С	-20 ...70 °С
Степень защиты корпуса	IP 65	IP 65

Анализируя два представленных варианта и необходимые пределы измерений можно сделать вывод что подходят два варианта, но так как рабочая

среда является агрессивной, выбираем ПД100И-121, так как он применяется на пищевых производствах, целлюлозно-бумажных комбинатах, мазутных складах, водоканалах, пожарных системах и других производствах с вязкими и загрязненными средами: молочные продукты, патока, целлюлозные пульпы, пенообразователи, канализационные стоки и т.п.

4.5 Выбор воздуходувки

Для перемешивания состава в баке смешивающего устройства применяются компрессоры. То есть, перемешивание будет происходить за счет подачи потока воздуха в бак смешивающего устройства.

Для выполнения данной функции подойдет самый обычный компрессор FPZ SCL K04-MS. Технические характеристики представлены в таблице 4.5.1[38]. Максимальное давление в данной воздуходувке должно быть больше давления в баке, которое рассчитывается по формуле:

$$P = \rho * g * h, \quad (4.5.1)$$

$$P = (997 * 0,3 + 1,275 * 0,3 + 2230 * 0,3) * 9,8 * 1,5 = 14237 \text{ Па}$$

Таблица 4.5.1 –Технические характеристики FPZ SCL K04-MS

Технические характеристики	Тип воздуходувки: FPZ SCL K04-MS
Мощность (Вт)	1500 Вт
Макс. расход (м³/час)	137 м³/час
Напряжение	380 В
Максимальное давление	250 мБар

Данная воздуходувка является лидером, среди компрессоров данного типа. Это устройство имеет малый вес (19 кг), что является требованием для нашей системы и обладает требуемыми характеристиками, максимальное давление

данной воздуходувки больше давления в баке. За счет этого возможно перемешивание частиц в воде.

4.6 Выбор сигнализатора уровня

Для контроля уровня смеси в баке смешивающего устройства используем сигнализаторы уровня. На рынке большое количество разнообразных сигнализаторов уровня. Рассмотрим сигнализаторы ДУЕ-10.2 и ЛМК 331. Технические характеристики сигнализаторов уровня приведены в таблице 4.5.1[39, 40].

Таблица 4.5.1 –Технические характеристики сигнализатора уровня ДУЕ-10.2 и ЛМК 331

Технические характеристики	Тип сигнализатора уровня	
	ДУЕ-10.2	ЛМК 331
Рабочий диапазон температур	от -50 до +85°С	от 25...+135°С
Материал	12Х18Н10Т	Сенсор: керамический тензорезистивный
Степень защиты от пыли и влаги	IP 67	IP 65-68

Проведя сравнение данных сигнализаторов можно сделать вывод, что ЛМК 331 имеет меньшую погрешность, а также возможность применения в агрессивных средах. В системе необходимо два сигнализатора, для измерения нижнего и верхнего пределов.

4.7 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется контроллер. Для реализации задачи необходимо, чтобы он имел 14 аналоговых входов для регистрации температуры, вязкости, расхода рабочей жидкости и 9 аналоговых выходов для управления. В данной работе рассматриваются 2 контроллера от

различных производителей, таких как «Siemens AG» и «ОВЕН». Проведем сравнение характеристик этих контроллеров.

Программируемый логический контроллер фирмы «ОВЕН» ОВЕН ПЛК160 предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на транспорте, в различных областях промышленности, жилищно–коммунального и сельского хозяйства. Технические характеристики ОВЕН ПЛК160 [41] приведены в таблице 4.7.1.

Таблица 4.7.1 – Технические характеристики ОВЕН 160

Технические характеристики	Тип ПЛК: ОВЕН 160
Центральный процессор	32–разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Напряжение питания, В	90–245
Параметры встроенного вторичного источника питания, В	выходное напряжение 24 ± 3 , ток не более 180 мА
Потребляемая мощность для переменного тока не более, Вт	18
Количество аналоговых входов	12
Количество дискретных входов	16
Интерфейсы	RS–485, RS–232
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, GateWay

Рассмотрим контроллеры SIMATIC S7–300 – это универсальные модульные программируемые контроллеры из линейки контроллеров SIMATIC S7 концерна «Siemens AG» для решения задач автоматизации низкого и среднего уровня сложности [42]. Данные контроллеры имеют широкий спектр модулей для максимальной адаптации к требованиям решаемой задачи. Базовая стойка однорядной конфигурации контроллера содержит следующие модули: центральный процессор (CPU), блок питания (PS) и до 8–ми сигнальных,

функциональных или коммутационных модулей (SF/FM/CP). Технические характеристики SIMATIC S7–300 приведены в таблице 4.7.2.

Таблица 4.7.2 – Технические характеристики SIMATIC S7–300

Технические характеристики	Тип ПЛК: SIMATIC S7–300
Рабочая память, Кб	128
Время выполнения: логических операций, операций с фиксированной точкой, операций с плавающей точкой, с	0,06 0,16 0,59
Количество флагов/ таймеров/счетчиков, шт.	2048/256/256
Количество каналов вводов – вывода, дискретных/аналоговых, не более, шт.	16384/1024
Языки программирования	STEP 7 (LAD, FBD, STL), S7–SCL,S7–GRAPH
Напряжение питания, В	24

Выбираем ОВЕН 160, так как эти контроллеры занимают маленькое пространство, удобны в использовании, имеют легкое перенастройка оборудования, также имеют мощные вычислительные ресурсы и большой объем памяти, наличие дискретных и аналоговых входов/выходов на борту контроллера, наличие последовательных портов (RS-232, RS-485) на борту контроллера, наличие порта Ethernet для включения в локальные или глобальные сети верхнего уровня, поддержка протоколов обмена Modbus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCON и возможность работы напрямую с портами контроллера, что позволяет подключать внешние устройства с нестандартными протоколами.

4.8 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм выбираем исходя из вида регулирующего органа и крутящего момента.

Максимальный крутящий момент принимался по диаметру трубопровода 150 мм и составил 800 Н·м.:

При выборе учитывалось условие:

$$M_H > M_{\max}, \quad (4.8.1)$$

где M_H – номинальный крутящий момент на выходном валу ИМ, Н·м.

Выбираем исполнительный механизм типа МЭО-1600/63-0,25У-92КБ [43].

Управление механизмом происходит в автоматическом и ручном режимах. Управлять механизмами можно бесконтактно, посредством ПБР. На механизм установлен блок сигнализации положения выходного вала токовый БСПТ–10М с унифицированным сигналом 0...5, 0...20, 4...20 мА, электрическое питание которым осуществляется напряжением 24 В.

4.9 Выбор устройства ручного управления

В качестве устройства ручного управления будем использовать блок ручного управления БРУ–42–03. Блок оснащён устройствами для ручного или переключения дистанционным вариантом с автоматического способа управления на вид ручного режима, и наоборот, имеет управление при помощи кнопок интегрирующими исполнительными механизмами, оснащён световой индикацией режимов любого управления, и выходным сигналом регулирующего устройства, имеющего импульсный выходной сигнал, имеет функцию определения положений регулирующих органов. Входной сигнал стрелочного индикатора блока 4...20 мА. Электрическое питание блока осуществляется напряжением 24 В [44].

4.10 Выбор пускового устройства

В качестве пускового устройства будем использовать интеллектуальный блок управления типа БУЭР3-30-02, предназначенный для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами. Электрическое питание пускателя осуществляется напряжением 380 В. Входной сигнал управления от регулятора 4–20 мА [45].

Это исполнение БУЭР содержит два приемо-передатчика интерфейсного канала RS-485, микропроцессорное устройство, и преобразователь питания, что обеспечивает функции:

1. формирования управляющих импульсов;
2. приема команд управления исполнительным механизмом;
3. передачи по цифровому каналу значения сигнала датчика положения исполнительного механизма.

4.11 Выбор циркуляционного насоса

Для АСУ системы смешивания необходимы циркуляционные насосы. Запуск и останов насосов осуществляется с помощью пускового устройства ПБР–2МП. Сигнал на включение насосов поступает с программируемого логического контроллера в автоматическом режиме управления или кнопочного переключателя в ручном режиме управления.

Тогда, исходя из необходимых требований, выбираем насос ЦНС 180-85. Основные технические характеристики насоса приведены в таблице 4.10.1 [46].

Таблица 4.10.1 –Технические характеристики ЦНС 180-85

Характеристика	Значение
Число ступеней насоса	3
Мощность электродвигателя, кВт	75
Напор, м	85
Частота вращения двигателя, об/мин	1500

5 Проектирование принципиальной схемы АСУ

Принципиальные электрические схемы показывают полный состав приборов, аппаратов и устройств, и связи между ними, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы являются основными чертежами для разработки рабочих монтажных чертежей и проведения пусконаладочных работ и. Названия принципиальным электрическим схемам присваиваются в соответствии с функциональными принципами действия запроектированной системы. Эти схемы служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве пусконаладочных работ и в эксплуатации [47].

Схема электрическая принципиальная АСУ локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных неоднородных жидкостных аэрозолей приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.005 ЭЗ.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа. Принципиальная электрическая схема выполнена с применением условных графических изображений.

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

Для однозначной записи в сокращенной форме сведений об элементах и устройствах применяются условно буквенные обозначения согласно

ЕСКД ГОСТ 2.710-81. Прописные буквы, а также цифры латинского алфавита присвоены элементам схемы согласно их назначению. На основании принятых обозначений составлен перечень элементов.

Чтение принципиальных электрических схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схем проводить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Для обозначения участков цепей принципиальных электрических

схем применяются арабские цифры одного размера. В данной схеме для цепей управления, регулирования и измерения используется группа чисел 1 - 99, для цепей питания 100 - 199. В процессе обозначения цепей предусмотрены резервные номера.

Электропитание всех технических средств осуществляется от внешних цепей электропитания переменным напряжением 220 В и 50 Гц, а также постоянным напряжением 24 В и 50 Гц.

Датчик расхода В3, В8, датчики уровня В4 и В5, датчик В7 давления в баке смешения, а также датчик вязкости В6 преобразуют измеряемые величины в унифицированные токовые сигналы 4...20 мА, которые, через клеммные колодки, поступают на соответствующие входы контроллера А1, сигналы с воздуходувов В1 и В2 также приходят на входы контроллера. Причем, так как они являются активными преобразователями, то при подключении к ПЛК требуется установка шунтирующих резисторов R1 – R8 сопротивлением 100 Ом. В качестве шунта рекомендуется использовать высокостабильные резисторы с минимальным значением температурного коэффициента сопротивления.

Контроллер А1 обрабатывает информацию, полученную с датчиков В1 – В8. На основе программно-заданных алгоритмов формирует управляющей сигнал, который передается на блок управления М2 посредством цифрового интерфейса RS-485. В шине интерфейса RS-485 также подключен блок ручного управления М3, с помощью которого можно осуществлять управление регулирующим органом в ручном режиме. В соответствии с сигналами управления силовые ключи блока управления М2 коммутируют цепи нагрузки обмотки электродвигателя исполнительного механизма М1, обеспечивая его вращение в соответствующем направлении.

Сигнал обратной связи о положении регулирующего органа ПЛК А1 получает с токового датчика положения, установленного в исполнительном механизме, который подключен через М3 к контроллеру А2 по двухпроводной схеме с использованием токовой петли 4...20 мА.

На входы контроллера А1 подключены двухпозиционные переключатели, установленные на двери щита, служащие для включения/отключения насосов сетевой воды.

Информация с контроллера поступает на АРМ по интерфейсу Ethernet, используя протокол ТСР/Р.

6 Проектирование монтажной схемы АСУ

Монтажные схемы проектируют для выполнения электрической и других видов коммутации технических средств при монтаже систем автоматизации. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов и пультов и монтажные схемы внешних электрических и трубных проводок.

Монтажная документация, разрабатываемая в процессе проектирования систем автоматизированного управления, включает в себя:

- 1) монтажную документацию щитов и пультов;
- 2) монтажную документацию внешних электрических и трубных проводок.

Монтажные схемы щитов и пультов проектируют с целью выполнения различных видов коммутации элементов систем автоматизации в пределах щитов и пультов. К монтажной документации щитов относят схемы электрических соединений щитов.

Монтажная схема электрических проводок щита (схема электрических соединений щита) выполнена отдельно от других видов монтажных схем.

На чертеже монтажной схемы изображены упрощенные элементы системы автоматизации развернутых в одной плоскости внутренних стенок щита.

Для удобства представления, монтажная схема электрических проводок щита выполнена адресным способом.

Контроллер изображен условно, в виде упрощенного контура с теми клеммами, которые используются.

Справа налево присвоены порядковые номера кабелей. Проводники, подключаемые к зажимам и клеммам технических средств, маркированы в соответствии с принципиальной схемой [48].

Целью проектирования внешних и внутренних электрических и трубных проводок является создание монтажной документации, необходимой и достаточной для прокладки трубных и электропроводок, коммутации токоведущих жил и труб к техническим средствам автоматизации и вспомогательным элементам, проверки проводок и ввода их в эксплуатацию.

Схема монтажная внешних электрических и трубных проводок, представленная листе с шифром ФЮРА.421000.005 С4, содержит:

- 1) первичные преобразователи, расположенные вне щита;
- 2) внешитовые средства автоматизации (расположенные «по месту»);
- 3) внешние электрические и трубные проводки;
- 4) щит автоматизации;
- 5) технические требования;
- 6) таблицу с поясняющими надписями.

На схеме внешних проводок сверху поля чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Под таблицей с поясняющими надписями расположены изображения первичных преобразователей и других средств автоматизации, устанавливаемые непосредственно на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах.

Датчики, исполнительные механизмы и другие средства автоматизации с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами в соответствии с заводскими инструкциями. При этом внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним жил проводов или кабелей, причем изображены только используемые клеммы. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа.

Единичный односекционный щит автоматизации изображен в виде прямоугольника в нижнем левом углу чертежа. В прямоугольнике показаны блоки зажимов, а также подключенные к ним, жилы кабелей и провода с соответствующей маркировкой. На свободном поле прямоугольника нанесено наименование щита.

Первичные преобразователи и внешитовые приборы, щит пульты соединены между собой электрическими линиями связи, выполненными с помощью электрических кабелей, проводов и жгутов проводов, а также с помощью импульсных труб.

Для соединения и разветвления электрических кабелей на схеме показаны электрические соединительные коробки КС01 и КС02. Электрические

соединительные коробки также изображены в виде прямоугольника произвольного размера. Внутри изображена сборка зажимов с необходимой нумерацией зажимов. Показаны подключения к зажимам жил кабелей с соответствующей маркировкой этих жил. В местах ввода в коробку кабелей нанесены изображения сальников. Типы сальников указаны на полках линий - выносок.

Для каждой внешней электрической проводки приведена ее техническая характеристика.

Порядковые номера проводкам на схеме присвоены слева направо и сверху вниз, т.к. условное обозначение щита автоматизации расположено в нижней части чертежа.

6.1 Выбор проводов и кабелей

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми или медными жилами. Изоляция, оболочки и наружные покровы кабелей должны соответствовать условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки.

Согласно рекомендациям завода-изготовителя, для связи контроллера с блоком управления используются кабели симметричной парной скрутки, используемые для связи по интерфейсу RS-485, КИПЭВ 1x2x0,6 в общем экране из алюмолавсановой ленты с контактным проводником. Кабель соответствует строгим требованиям пожарной безопасности, не поддерживает горение при условии одиночной прокладки.

Для линий питания выбираем кабели с алюминиевыми жилами типа ППГнг(А)-НФ. Для информационных линий выбираем кабели типа КППГнг(А)-НФ.

Кабели подходят для решения поставленных задач АСУ, так как они отличаются приемлемой ценой, неплохим качеством и в тех местах, где мы будем проводить проводку, кабели не будут подвергаться значительным растягивающим усилиям [49].

В некоторых случаях в резерве остается одна или несколько жил, что идет в разрез с рекомендациями. Это допускается из-за ступенчатости стандартного ряда количества жил.

В щите автоматизации для соединения сборок зажимов с микроконтроллером используем провод с медной жилой и изоляцией из поливинилхлоридного пластика марки ПуГВнг(А)-LS 1.

7 Проектирование щита автоматизации

Щиты систем автоматизации предназначены для размещения на них средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линии связи между ними (трубная и электрическая коммутация) и т.п.

Щиты устанавливаются в производственных и специальных щитовых помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.п.

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 навесной, односекционный с передней, одностороннего обслуживания ШхВхГ 500х700х250.

Для оперативного контроля за ходом технологического процесса, сбора информации с датчиков, выработки управляющего сигнала, разместим в щите программируемый логический контроллер.

В верхней части монтажной панели щита разместим контроллер «ОВЕН» ПЛК160.

Для размещения внутри щита вспомогательной аппаратуры воспользуемся стандартными конструктивными элементами в виде DIN-рейки.

В левом верхнем углу монтажной панели щита размещается блок питания и блоки реле. В середине монтажной панели размещены блоки размножения сигналов. Внизу монтажной панели размещаются клеммные сборки и автоматические выключатели. Кабельный ввод организован снизу щита через сальниковые вводы, далее кабель фиксируется в кабельных зажимах.

Между внутрищитовой аппаратурой прокладываются кабельные короба с предупреждающей пометкой о напряжении.

На двери щита, с лицевой стороны, для оперативного доступа, расположены многофункциональная станция ручного управления, измеритель 8-ми канальный, переключатели двухпозиционные. Кабели от двери щита прокладываются в гибком жгуте.

Электромонтаж щита автоматизации выполняется по схеме электрической соединений с шифром ФЮРА.421000.05 ЭЗ.

Результатом конструкторской разработки щита является чертеж общего вида щита, который включает в себя:

- 1) вид спереди;
- 2) вид спереди с открытой дверью;
- 3) перечень составных частей;
- 4) технические требования.

На чертеже общего вида щита не отражены размеры отверстий для крепления, а отражены лишь привязки технических средств автоматизации к габаритам стандартной щитовой продукции.

На виде спереди щита проставлены габаритные размеры щита, а также размеры, координирующие расположение настенного крепления.

Чертеж общего вида щита автоматизации приведен на листах с шифром ФЮРА.421000.005 ВО.

8 Расчет параметров настройки регулятора

8.1 Идентификация объекта управления

Под идентификацией понимается действие, направленное на установление параметра по определенным признакам. Идентификация предназначена для получения математических моделей объекта управления. Существует два вида идентификации: активная и пассивная. Пассивная заключается в наблюдении в режиме нормальной эксплуатации объекта за входными воздействиями и реакции системы на них с последующей обработкой результатов наблюдения. При активной идентификации, на объект подается специально организованное входное воздействие и по реакции объекта при соответствующей обработке результатов получают математическую модель. В инженерной практике применяется активная идентификация.

В данной работе для получения кривой разгона использована динамическая модель изменения расхода воды в трубопроводе при открытии регулирующего органа. Кривая разгона представлена на рисунке 8.1.1.

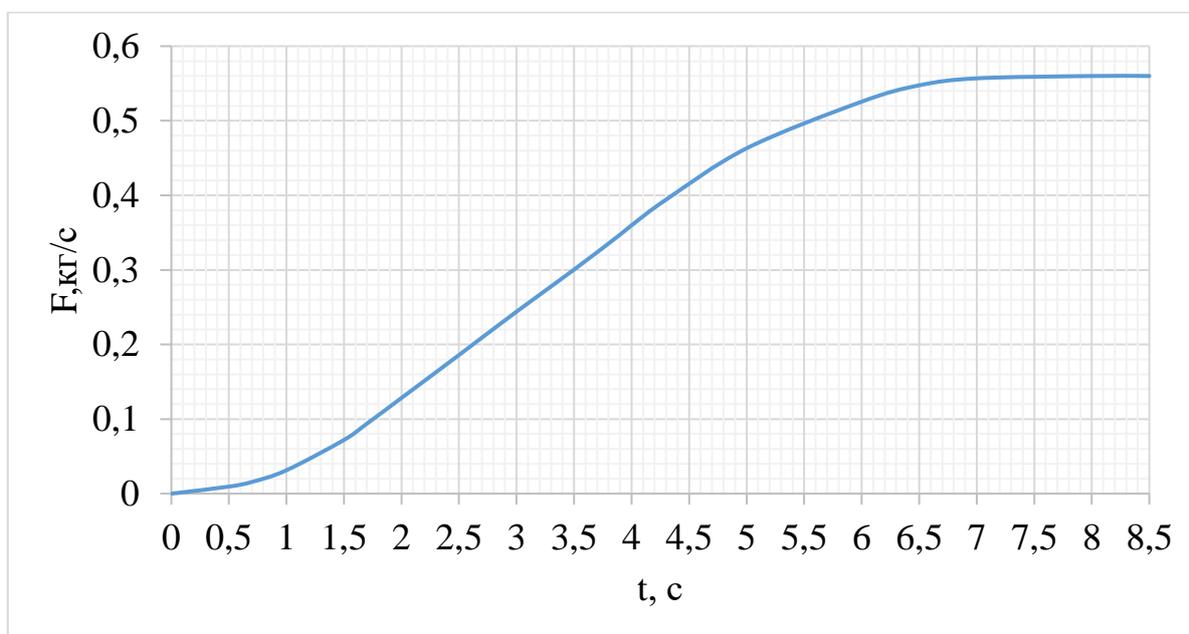


Рисунок 8.1.1 – Кривая разгона объекта управления

На полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени – T , запаздывание – τ , коэффициент передачи k .

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP + 1)} e^{-P\tau}, \quad (8.1.1)$$

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

На графике кривой разгона (рисунок 8.1.2) строим две точки А и В. Точка А определяется как $0,33 k$, а точка В имеет ординату $0,53 k$.

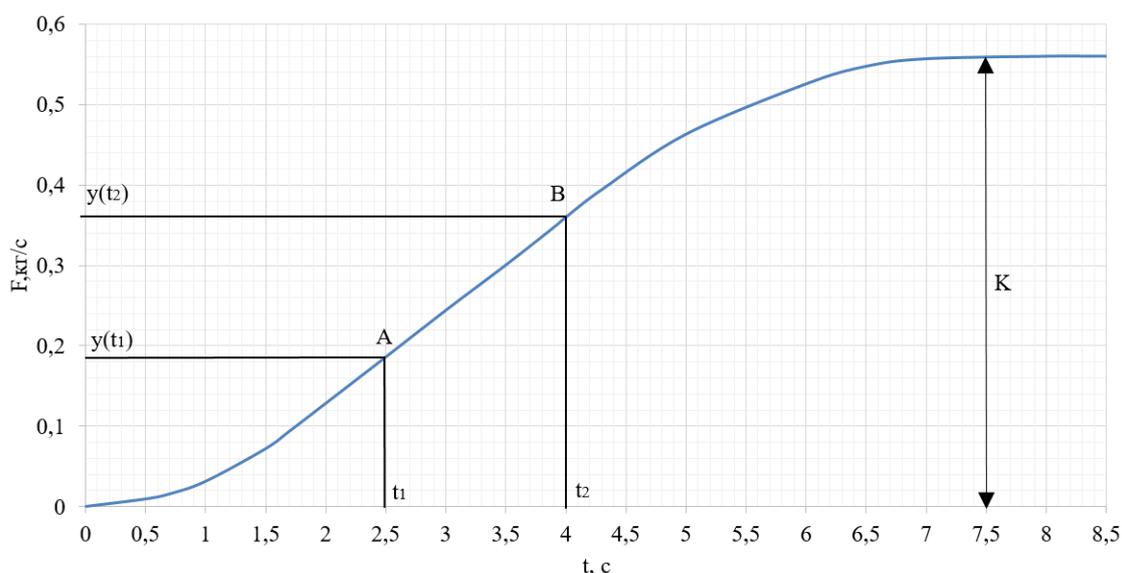


Рисунок 8.1.2 – Определение точек А и В на кривой разгона

Найдем неизвестные значения – время запаздывания τ и постоянную времени T :

$$y(t) = k(1 - e^{\frac{-t-\tau}{T}}); \quad (8.1.2)$$

$$\frac{y(t)}{k} = 1 - e^{\frac{-t-\tau}{T}} \Rightarrow e^{\frac{-t-\tau}{T}} = 1 - \frac{y(t)}{k}; \quad (8.1.3)$$

$$\frac{t-\tau}{T} = \ln\left(1 - \frac{y(t)}{k}\right); \quad (8.1.4)$$

для t_1 :

$$\frac{\tau-t_1}{T} = \ln\left(1 - \frac{y(t_1)}{k}\right); \quad (8.1.5)$$

для t_2 :

$$\frac{\tau-t_2}{T} = \ln\left(1 - \frac{y(t_2)}{k}\right); \quad (8.1.6)$$

приравниваем:

$$A_1 = \ln\left(1 - \frac{y(t_1)}{k}\right); \quad (8.1.7)$$

$$A_2 = \ln\left(1 - \frac{y(t_2)}{k}\right); \quad (8.1.8)$$

тогда:

$$\begin{cases} \tau - t_1 = A_1 T \\ \tau - t_2 = A_2 T \end{cases}; \quad (8.1.9)$$

$$T = \frac{t_2 - t_1}{A_1 - A_2}; \quad (8.1.10)$$

$$\tau_1 = A_1 T + t_1. \quad (8.1.11)$$

Проведем расчет времени запаздывания и постоянной времени:

$$A_1 = \ln\left(1 - \frac{0,185}{0,56}\right) = -0,401;$$

$$A_2 = \ln\left(1 - \frac{0,359}{0,56}\right) = -1,025;$$

$$T = \frac{4 - 2,5}{-0,401 - (-1,025)} = 2,40 \text{ с};$$

$$\tau = -0,401 \cdot 2,4 + 2,5 = 1,54 \text{ с}.$$

Тогда, передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{0,56}{(2,40P + 1)} e^{-1,54\tau}. \quad (8.1.12)$$

8.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 8.2.1 представлен вид структурной схемы системы регулирования.

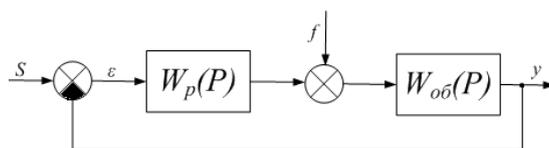


Рисунок 8.2.1 – Структурная схема системы регулирования

Расчет данной системы регулирования ведется при степени устойчивости $\psi=0,75$.

Определим значение степени колебательности по формуле:

$$m = -\frac{1}{2\pi} \ln(1 - \psi) . \quad (8.2.1)$$

$$m = -\frac{1}{2 \cdot 3,14} \ln(1 - 0,75) = 0,211 .$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается выражением 12. Тогда, проведя подстановку $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, получим выражение для РАФЧХ объекта регулирования.

$$W_{об}(m, i \cdot \omega) = \frac{0,56 \cdot e^{-1,54 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{(2,40 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)} . \quad (8.2.2)$$

Из данного выражения определить расширенные частотные характеристики объекта регулирования.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\text{Re}_{об}(m, \omega) = \text{Re}(W_{об}(m, i\omega)) . \quad (8.2.3)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\text{Im}_{об}(m, \omega) = \text{Im}(W_{об}(m, i\omega)) . \quad (8.2.4)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{об}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{об}^2(m, \omega) + \text{Im}_{об}^2(m, \omega)} . \quad (8.2.5)$$

При известной величине $m=0,221$, зададим диапазон частот для расчета от $\omega=0,001 \text{ c}^{-1}$ до $\omega=2 \text{ c}^{-1}$, с шагом по частоте $\Delta\omega=0,1 \text{ c}^{-1}$. Результаты расчётов представлены в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0,001	0,560	-0,002	0,560
0,100	0,546	-0,232	0,593
0,199	0,413	-0,423	0,591
0,298	0,222	-0,515	0,561
0,397	0,042	-0,516	0,518
0,496	-0,098	-0,463	0,474
0,595	-0,196	-0,386	0,433
0,694	-0,258	-0,303	0,398
0,793	-0,295	-0,222	0,369
0,892	-0,312	-0,146	0,344
0,991	-0,314	-0,077	0,324
1,090	-0,306	-0,016	0,306
1,189	-0,289	0,038	0,292
1,288	-0,266	0,085	0,279
1,387	-0,238	0,126	0,269
1,486	-0,206	0,159	0,260
1,585	-0,171	0,186	0,252
1,684	-0,134	0,206	0,246
1,783	-0,095	0,220	0,240
1,882	-0,057	0,228	0,235
1,981	-0,019	0,230	0,231

Параметры настройки регулятора рассчитываются по формулам:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}; \quad (8.2.6)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega) + \text{Re}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}; \quad (8.2.7)$$

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

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0,001 до 2 с⁻¹, с шагом по частоте в 0,1 с⁻¹. Полученные значения представлены в таблице 8.2.2.

Таблица 8.2.2 – Результаты расчета ПИ-регулятора

ω , с ⁻¹	K_p	K_p/T_u
0,001	-1,783	0,00000738
0,100	-1,406	0,069
0,199	-0,915	0,253
0,298	-0,345	0,511
0,397	0,270	0,801
0,496	0,896	1,075
0,595	1,499	1,285
0,694	2,052	1,391
0,793	2,528	1,356
0,892	2,904	1,154
0,991	3,165	0,768
1,09	3,298	0,194
1,189	3,299	-0,561
1,288	3,167	-1,478
1,387	2,905	-2,527
1,486	2,523	-3,669
1,585	2,035	-4,855
1,684	1,457	-6,034
1,783	0,810	-7,149
1,882	0,114	-8,143
1,981	-0,607	-8,960

Для удобства и визуализации строится зависимость от полученных параметров, представленная на рисунке 8.2.2. Полученная кривая на рисунке, является линией для степени затухания равной 0,75. Все значения параметров

настройки, которые будут лежать на этой кривой, будут обеспечивать заданную степень затухания.

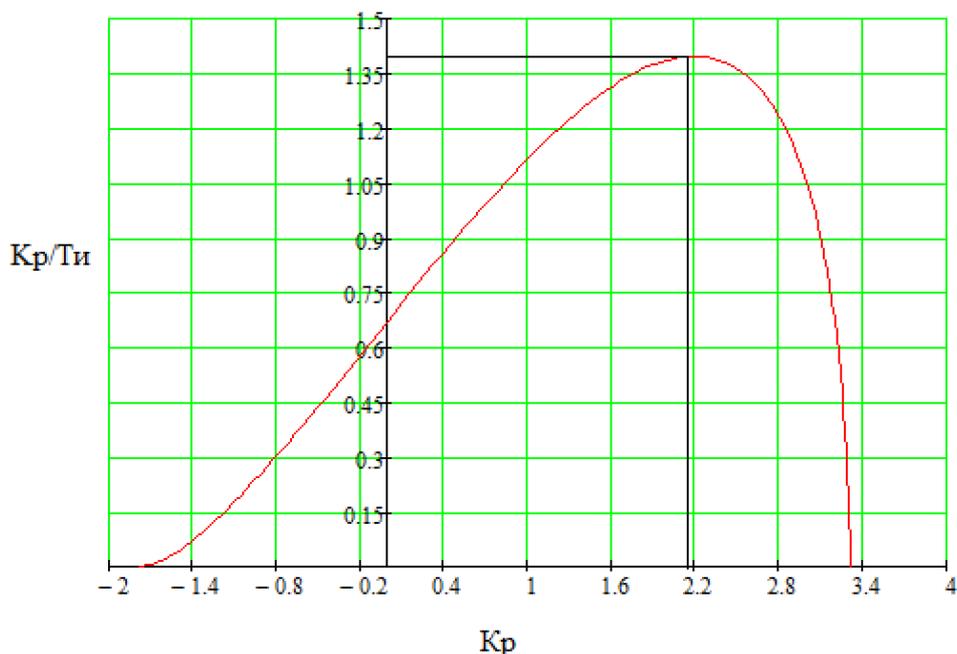


Рисунок 8.2.2 – Параметры настройки ПИ-регулятора

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

Из таблицы 8.2.2 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_i} \right) = 1,391, \quad K_p = 2,052, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,694 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}}; \quad (8.2.8)$$

$$T_u = \frac{2,052}{1,391} = 1,475 \text{ с.}$$

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

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (8.2.9)$$

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 8.2.3 представлен график вещественной частотной характеристики.

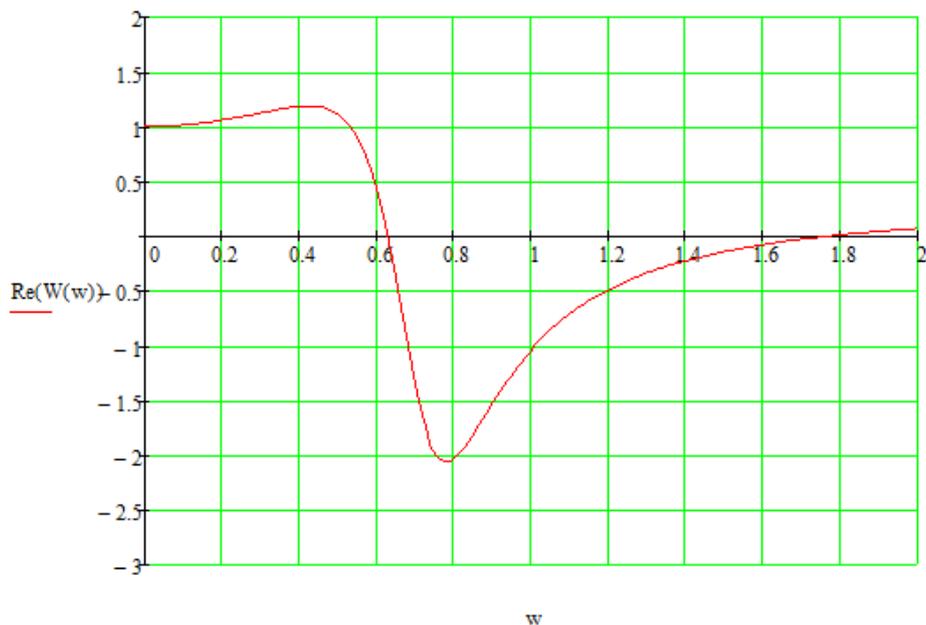


Рисунок 8.2.3 – Графическое представление вещественно частотной характеристики системы

При нулевых начальных условиях и единичном ступенчатом воздействии связь между переходной характеристикой и ВЧХ системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\text{Re}_{s-y}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (8.2.10)$$

где t – время переходного процесса в замкнутой АСР.

Для упрощения расчета интеграла $y(t)$, в качестве верхнего предела принимают не бесконечность, а значение частоты среза ω_{CP} , т. е. частоту, при которой график ВЧХ стремится к 0. Из графика, приведенному на рисунке 8.2.3, можно определить эту частоту, $\omega_{CP} = 2 \text{ с}^{-1}$.

Тогда переходный процесс в замкнутой АСР по каналу S-Y можно рассчитать по формуле:

$$y_{S-Y}(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\text{Re}_{S-Y}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (8.2.11)$$

На рисунке 8.2.4 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса проведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет предъявленным требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

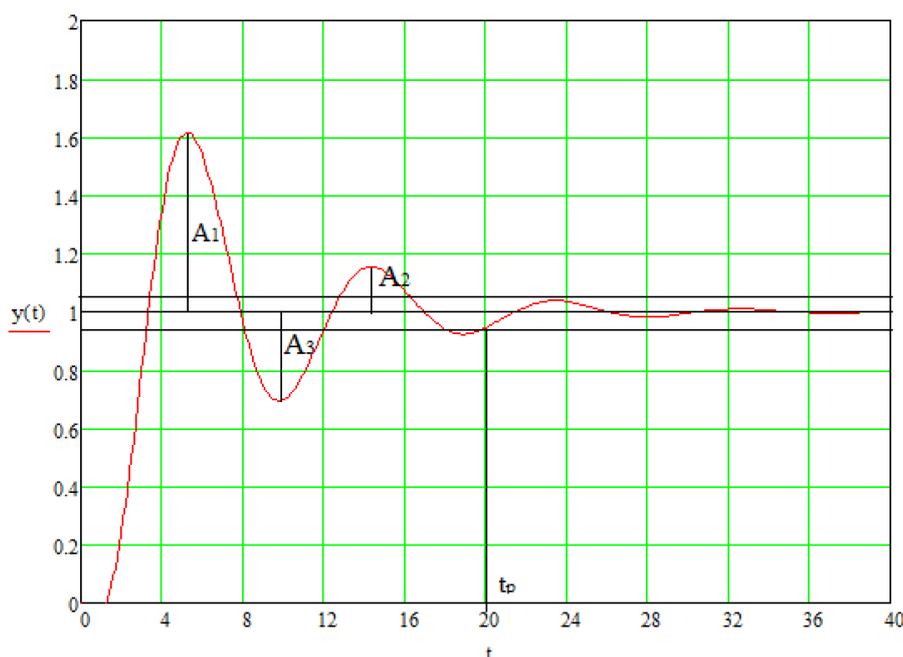


Рисунок 8.2.4 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

Используя график определяются прямые оценки качества:

а) Максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,614;$

б) Перерегулирование: $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100 = \frac{0,306}{0,614} \cdot 100 = 49\%$,

где $A_3 = 0,306$ - первое минимальное отклонение регулируемой величины;

г) Степень затухания переходного процесса: $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,154}{0,614} = 0,75;$

где $A_2 = 0,154$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

д) Статическая ошибка: $\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 0$;

е) Время регулирования: $t_p = 20,1$ с.

9 Разработка математического, программного и информационного обеспечений

9.1 Математическое обеспечение АСУ ТП

Математическое обеспечение АСУ ТП – это совокупность математических моделей, методов, алгоритмов решения различных задач, используемая на этапе проектирования и в процессе эксплуатации АСУ ТП.

В данной работе представлен алгоритм регулирования заслонками трубопровода воды, твердых частиц и готовой смеси, а также включение и отключение насосов. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 9.1.1.

При достижении температуры заданной уставки необходимо, чтобы в емкости был необходимый раствор. Для этого проверяется количество раствора в баке и концентрация этого раствора. При проверке необходимых условий срабатывает сигнал и передается на включение насоса, который подает тешашую смесь на горячий объект. Одновременно с включением насоса, необходимо чтобы открывался РО.

Открытие заслонки происходит ступенчато, 1% за одну секунду. Закрытие происходит – аналогично.

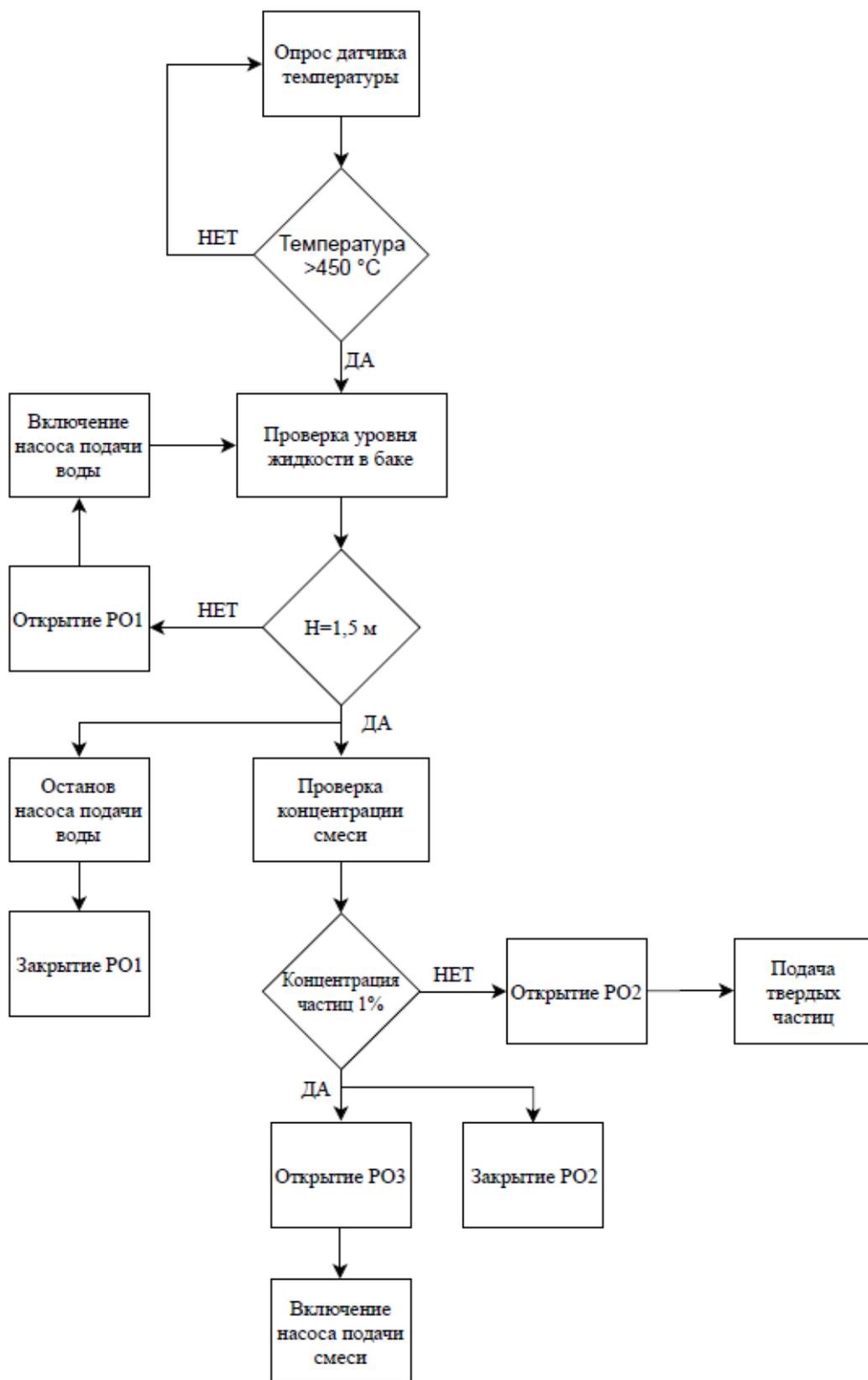


Рисунок 9.1.1 – Алгоритм работы регулирующих органов и насосов

9.2 Программное обеспечение АСУ ТП

Совокупность нескольких программ, которые обеспечивают функционирование всех цифровых вычислительных средств АСУ ТП, таких как контроллеры, серверы, рабочие станции, программаторы, панели оператора), а также решающих все функциональные задачи на этапах разработки, пусконаладки, тестирования и эксплуатации системы.

Программное обеспечение АСУ ТП принято делить на две категории:

1) общее программное обеспечение, включающее в себя операционные системы, SCADA-системы, пакеты программ для программирования ПЛК, компиляторы, редакторы и т.п. Общее программное обеспечение АСУ ТП не привязано к конкретному объекту автоматизации, закупается и поставляется так же, как и технические средства.

2) специальное программное обеспечение — это программы, разработанные специально для конкретной АСУ ТП. К этой категории относятся программы для контроллеров, реализующие определенные функциональные задачи обработки информации и управления; программы, сгенерированные в среде SCADA-системы для визуализации.

Листинг программы для ПЛК160, реализованный в программной среде Codesys v2.3 на язык ST, представлен в приложении Б.

9.3 Информационное обеспечение АСУ ТП

Информационное обеспечение АСУ ТП включает:

1) исходные данные, применяемые в процессе разработки документации или эксплуатации системы;

2) промежуточные данные, хранящиеся в базах данных реального времени, которые используются для дальнейшей обработки;

3) выходные данные, передаваемые для реализации на исполнительные устройства, отображаемые на панелях операторов и мониторах рабочих станций;

4) передаваемых пользователям в электронном, а также возможно в бумажном виде;

- 5) принятые формы входных/ выходных документов (электронных или бумажных);
- 6) принятая система кодирования информации;
- 7) электронные архивы данных.

В состав информационного обеспечения АСУ ТП входят на бумажных носителях компоненты и на электронных носителях компоненты. Так, например, к бумажным компонентам информационного обеспечения АСУ ТП можно отнести технологический регламент, который определяет допустимые пределы изменения технологических параметров, условия аварийных сигнализаций, порядок пуска и останова оборудования. К электронному информационному обеспечению АСУ ТП относятся входные сигналы, поступающие от датчиков, а также выходные сигналы на исполнительные устройства, архивы нарушений технологического регламента, графики изменений фиксируемых параметров, сформированные на экране монитора и т.п.

Информационное обеспечение АСУ ТП – это часть системы управления, которая представляет собой совокупность данных о входных и выходных сигналах, о фактическом и возможном состоянии элементов производства, о логике изменения и преобразования элементов производства.

10 Разработка SCADA-системы

Процесс разработки SCADA систем включает в себя следующие операции:

- разработка графического интерфейса (графики, всплывающие окна, мнемосхемы, таблицы, элементы ввода команд оператором и прочее);
- процесс отладки алгоритмов работы системы промышленной автоматизации АСУ ТП. В большинстве случаев отладку SCADA систем можно выполнить двумя вариантами – в режиме эмуляции оборудования или при подключенном оборудовании;
- произведение настройки систем промышленной коммуникации (модемов, промышленных сетей и коммуникационных контроллеров);
- процесс создания баз данных с дальнейшим подключением к ним SCADA системы.

SCADA система должна выполнять следующие задачи:

- осуществление взаимодействия с оператором (представление слуховой и визуальной информации, трансляция системе команд оператора);
- оказание помощи оператору в процессе выработки необходимого решения (выполнение функций экспертной системы);
- автоматическую сигнализацию об аварии и случившихся критических ситуациях;
- вывод на пульт оператора информации о состоянии процесса;
- ведение журнала событий;
- поиск и извлечение архивной информации, и предоставление её оператору в удобном для него варианте;
- создание отчетов (графики смены операторов, таблицы температур, перечень необходимых действий оператора в определенной ситуации и прочее).

В качестве SCADA пакета, в котором должна проходить разработка мнемосхем выбрана Simple Scada, исходя из ее доступности, бесплатности, простоты и большой применимости.

Разработанная SCADA система для управления процессом смешивания воды и твердых включений представлена в приложении В.

По центру расположено упрощенное изображение смешивающего устройства и бак с твердыми включениями. Между баками размещаются изображение трубопроводов. Также, на мнемосхеме изображен экран с выводом показаний с тепловизора.

На линиях трубопровода размещаются изображения контрольно-измерительной аппаратуры в соответствии с реальным размещением датчиков. На таких изображениях датчиков размещается панель вывода полученного значения измеряемого параметра.

Также в соответствии с реальным размещением объектов на трубопроводе, на мнемосхеме отображены изображения насосных агрегатов и запорно-регулирующей арматуры с кнопками включения/отключения.

11 Особенности функционирования разработанной системы

В настоящее время существует большое количество способов тушения и локализации пожара – это тушения порошками, пеной, захлестывание огня по кромке пожара, засыпка кромки пожара грунтом, прокладка заградительных и опорных минерализованных полос, и канав, отжиг горючих материалов перед фронтом пожара. Все данные способы действенны и имеют место быть в определенных ситуациях.

В данной работе рассматривается метод тушения и локализации пожара с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей. Для примера рассмотрим пожарный танк (также возможно применение других передвижных средств). Отличительными особенностями машиной с предложенной системой от существующих являются наличие тепловизора на кузове и наличие бака подготовки полидисперсной жидкости. Отличительные особенности выделены на рисунке 11.1.

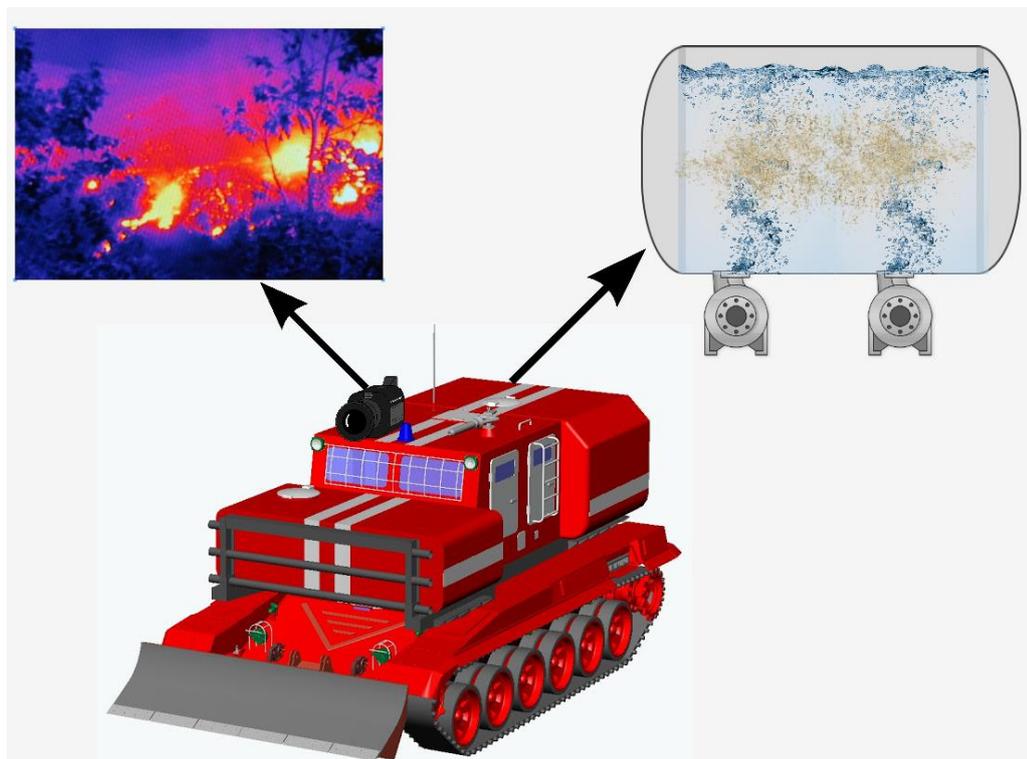


Рисунок 11.1 – Отличительные особенности системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей

Система разработана на основе современных микропроцессорных средств

автоматизации, что позволяет без участия оператора подготавливать полидисперсную жидкость.

Для сохранения лесного массива необходимо быстрое тушения и локализация пожара. С помощью тепловизора оператор видит очаги возгорания (самые горячие точки на тепловизионной картине), которые необходимо тушить в первую очередь - тем самым экономя жидкость. А использование полидисперсной жидкости позволит увеличить площадь тушения и уменьшить времена тушения. Так как капля такой жидкости состоит из воды и твердой частицы, при полете к очагу капля взрывается и от неё отлетают мелкие капли. Это происходит за счет того, что твердая частица нагревается быстрее жидкости и является источником кипения капли.

В работе рассмотрены такие добавки как графит, песок, глина, земля, бишофит и бентонит. Все эти частицы имеют природное происхождение, то есть применение их при тушении пожара не нанесет вред природному слою земли.

Таким образом, можно сделать вывод, что данная система может быть конкурентом на рынке пожарной технике, так как она эффективнее и экологичнее.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ74	Борисовой Анастасии Геннадьевны

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Цена 1 га леса составляет 4310 руб. Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисление в социальные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	-Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы, потенциальные потребители результатов исследования.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	-составление графика проведения научно-технического исследования; -определение бюджета научно-технического исследования; – оценка эффективности проекта.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка ресурсной и финансовой эффективности исследований.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения НТИ</i>	
---------------------------------	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ74	Борисова Анастасия Геннадьевна		

12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Темой научно-исследовательской работы является «Автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей».

Цель научно-исследовательской работы является повышения эффективности тушения и ликвидации лесных пожаров за счет применения полидисперсных жидкостных аэрозолей.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИР, оценка его эффективности, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИР;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проекта;
- провести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

12.1 Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы

В данной исследовательской работе предложен вариант тушения и локализации лесных пожаров полидисперсными жидкостными аэрозолями. За счёт добавления в воду включений достигается увеличение площади тушения и уменьшения время тушения.

Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями данной системой является МЧС, а также ВДПО (Всероссийское добровольное пожарное общество).

Анализ конкурентных технических решений

Для того, чтобы узнать эффективность научной разработки, проведем сравнение тушения лесного пожара с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей ($K_{жа}$) и с водой ($K_{в}$). Такой анализ проводится с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 12.1.1.

Таблица 12.1.1- Оценочная карты сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		К _{жа}	К _в	К _{жа}	К _в
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,2	5	2	1	0,4
Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
Энергоэкономичность	0,3	5	1	1,5	0,3
Надежность	0,1	3	3	0,3	0,3
Уровень шума	0,06	3	2	0,18	0,12
Безопасность	0,06	2	2	0,12	0,12
Функциональная мощность	0,1	4	2	0,4	0,2
Простота эксплуатации	0,04	3	2	0,12	0,08
Качество интеллектуального интерфейса	0,02	4	2	0,08	0,04
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	4	3	0,08	0,06
Итого	1	36	23	4,08	2,02
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	3	0,4	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	5	0,4	0,5
Цена	0,3	4	3	1,9	1,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	2	3	0,3	0,3
Послепродажное обслуживание	0,3	4	2	1,2	0,6
Финансирование научной разработки	0,1	4	2	0,2	0,3
Итого	1	22	18	3,8	2,8

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i, \quad (12.1.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента, B_i – вес показателя (в долях единицы), B_i – балл i -го показателя.

12.2 Планирование комплекса работ НИР

Составление перечня проводимых работ

Для реализации исследования необходимо реализовать спектр задач, связанных с научными, техническими и экономическими проблемами. Основные решаемые в данной работе задачи указаны в таблице 2.

При организации процесса реализации конкретной работы необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

На начальном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации исследования. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 12.2.1, где научный руководитель – НР, магистрант – М.

Таблица 12.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Должность исполнителей	Номер работы	Загрузка исполнителей
Составление и утверждение задания ТЗ	НР	1	НР – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, М	2	НР – 20% М – 80%
Разработка календарного плана	НР, М	3	НР – 95% М – 5%
Поиск методов решения для повышения эффективности использования теплового модуля ДЭС	НР, М	4	НР – 30% М – 70%
Реализация разработанных методов	НР, М	5	НР – 10% М – 90%
Оценка эффективности полученных результатов	М	6	М – 100%

Продолжение таблицы 12.2.1.

Этапы работы	Должность исполнителей	Номер работы	Загрузка исполнителей
Анализ результатов исследования	НР, М	7	НР – 15% М – 85%
Разработка конструкторской документации	НР, М	8	НР – 5% М – 95%
Составление пояснительной записки	НР, М	9	НР – 10% М – 90%
Сдача НИР	М	10	М – 100%

Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

1. технико-экономическим;
2. опытно-статическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (12.2.1)$$

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} ,

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, человеко-день;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, человеко-день.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (12.2.2)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, человеко-день;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (12.2.3)$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (12.2.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни в 2019 году ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни в 2019 году ($T_{ВД} = 91$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни в 2019 году ($T_{ПД} = 27$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 91 - 27} = 1,48. \quad (12.2.5)$$

В таблице 12.2.2 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 12.2.2 – Временные показатели проведения ВКР

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, человеко-дни			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ОЖ}$	НР	М	НР	М
Составление и утверждение задания ТЗ	НР	2	5	3,2	3,84	-	5,68	-
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, М	14	21	16,8	4,032	16,13	5,97	23,87
Разработка календарного плана	НР, М	4	6	4,8	5,472	0,288	8,1	0,426
Проведение исследований	НР, М	30	45	36	4,32	38,88	6,39	57,54
Оценка эффективности полученных результатов	М	7	11	8,6	-	10,32	-	15,27
Анализ результатов исследования	НР, М	7	10	8,2	0,984	8,856	1,46	13,11
Разработка конструкторской документации	НР, М	21	30	24,6	1,476	28,04	2,18	41,51
Составление пояснительной записки	НР, М	10	14	11,6	0,696	13,22	1,03	19,57
Сдача НИР	М	1	1	1		1,2		1,776
Итого:				114,8	20,82	116,9	30,8	173,1

Таким образом, составлен полный перечень проводимых работ. Результатом планирования работ является линейный график реализации

проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика (диаграмма Ганта), которая представлена в приложении Г. Для построения данного графика в таблице 12.2.2 рассчитана длительность этапов работ и число исполнителей на каждом этапе.

12.3 SWOT- анализ

Каждая система обладает сильными и слабыми сторонами, для выявления их и определение возможностей и угроз разрабатывается SWOT-анализ. SWOT-анализ эффективен при осуществлении начальной оценки текущей ситуации, однако он не может заменить выработку стратегии или качественный анализ динамики.

Сильные стороны:

- разработанная система может использоваться на самолёте/танке/машине;
- уменьшение времени тушения и локализации пожара;
- увеличение площади тушения;
- взаимозаменяемость добавляемых включений;
- добавки являются природными, то есть не навредят природе;
- применение тепловизора для выявления горячих точек.

Слабые стороны:

- дорогостоящее оборудование;
- датчики находятся в агрессивной среде.

Возможности:

- приготовление суспензий;
- в режиме реального времени наблюдать за температурой очага;
- при необходимости замена способа перемешивания.

Угрозы:

- работа в опасных условиях труда;
- отсутствие спроса;
- отсутствие спонсоров.

Таким образом, на данном этапе выполнен SWOT-анализ. SWOT-анализ - это оценочная методика, выявляющая и структурирующая внешние и внутренние факторы, которые влияют на развитие проекта, что позволяет изыскать новые возможности развития и определить основные риски.

12.4 Бюджет научно-исследовательской работы

Расчет материальных затрат НИР

Расчет стоимости материальных затрат проводится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации. Результаты по данной статье заносятся в таблицу 12.4.1.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (12.4.1)$$

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

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (3-5%).

Таблица 12.4.1 – Материальные затраты

№ п.п.	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материал, руб.
1	Бумага	лист	300	2	600
2	Картридж	шт.	1	1500	1500
3	Интернет	М/бит (пакет)	3	350	1050
4	Ручка	шт.	1	25	25
5	Дополнительная литература	шт.	5	400	2000
6	Тетрадь	шт.	1	25	25
7	Электроэнергия	кВт/час	37	2,9	107,3
	Итого				5572,6

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

К данной группе затрат относятся затраты на оборудование, используемое при реализации научно-исследовательской работы.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 5% от его цены. В таблице 12.4.2 приведены затраты на оборудование.

Таблица 12.4.2 – Затраты на оборудование

№ п.п.	Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материал, руб.
1	Блок ручного управления БРУ-110	5	25 582	31 977,5
2	Механизм электроисполнительный однооборотный МЭО-1600/63-0,25У-92КБ	1	64 000	67 200
3	Вискозиметр FVM	1	1 200 000	1 260 000
4	Датчик уровня LMK 331	2	25 000	52 500
5	Расходомер DensFlow	1	42 000	44 100
6	Тепловизор InfraTec VarioCAM HD head	1	500 000	525 000
7	Многоступенчатый насос для воды ЦНС 180-85	2	306 526	643 704,6
8	Воздуходувка FPZ SCL 06	2	30 732	64 537,2
9	Датчик давления ПД200-ДИ	1	34 800	36 540
10	Программируемый логический контроллер ОВЕН 160	1	29 280	30 744
11	Кнопка 22 мм зеленая с возвратом 1НО	3	750	2 362,5
12	Кнопка 22 мм красная с возвратом 1НО	2	750	1 575
13	Кабель КППГнг(А)-HF 4x1,0	30	46,74	1 472,3
14	Кабель КППГнг(А)-HF 5x1,0	10	63,32	664,9
15	Кабель ППГнг(А)-HF 3x1,5	10	43,59	457,7
16	Кабель ППГнг(А)-HF 3x2,5	15	56,98	897,5
17	Кабель КИПЭВ 1x2x0,6	5	87,86	461,2
18	Провод ПуГВ 1x6,0 3-Ж	12	54	680,4
19	Провод ПуГВ 1x1,0	6	6,65	42
	Итого			2 764 917

Для решения задач НИР вышеперечисленное оборудование не приобретается. Тем не менее, в таблице 12.4.2 приведен список оборудования, которое используется для осуществления НИР.

Расчет основной заработной платы

Расчет основной заработной платы

Затраты на заработную плату считается для студента и научного руководителя. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 12.4.3.

Таблица 12.4.3 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Трудоемкость, человека-день	Зарботная плата, приходящаяся на один человека-день, руб.	Всего зарботная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Научный руководитель		29500	29500
2	Студент		2477	2477
				31977

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (12.4.1)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ научного руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (12.4.2)$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 7);

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

Для научного руководителя (доцент):

$$Z_{осн} = 29500 * 1,3 = 38350 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д} \quad (12.4.3)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб (в качестве месячного оклада магистра выступает стипендия, которая составляет 2477 руб);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 45 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6 - дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях) (таблица 12.4.4).

Тогда для научного руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{38350 \cdot 10,4}{254} = 1570 \text{ рублей} \quad (12.4.4)$$

Для студента:

$$Z_{дн} = \frac{2477 \cdot 10,4}{217} = 119 \text{ рублей} \quad (12.4.5)$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 12.4.4.

Таблица 12.4.4. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	82
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	45	52
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	217

Таблица 12.4.5 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б,}$ руб.	k_p	$Z_{м,}$ руб	$Z_{дн,}$ руб.	$Z_{осн,}$ руб.
Научный руководитель	29500	1.3	38350	1570	38350
Студент	2477		2477	119	2477
					40827

Дополнительная заработная плата включает сумму выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей и т.д. Принимается в размере 12 % от суммы основной заработной платы. Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (12.4.66)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{доп} = 0,1$);

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Для научного руководителя:

$$Z_{доп} = 38350 * 0,1 = 3835 \text{ рублей} \quad (12.4.7)$$

В таблице 12.4.6 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 12.4.6 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Научный руководитель	Студент
Основная зарплата	38350	2477
Дополнительная зарплата	3835	–
Зарплата исполнителя	42185	2477
Итого	44662	

Отчисления на социальные нужды

Социальные отчисления – это обязательные отчисления предприятий во внебюджетные социальные фонды. К ним относятся отчисления:

- 1) в пенсионный фонд;
- 2) в фонд социального страхования;
- 3) в фонд занятости;
- 4) в фонды обязательного медицинского страхования.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (38350 + 3835) = 12655 \text{ руб.} \quad (12.4.8)$$

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

Накладные расходы

Накладные расходы – это косвенные издержки предприятия, возникающие дополнительно к основным затратам предприятия по производству и реализации продукции, работ, услуг. Накладные расходы включают в себя:

- 1) затраты на текущий ремонт зданий и сооружений, оборудования;
- 2) заработную плату, обучение и содержание административно-управленческого аппарата;
- 3) отчисления на уплату единого социального налога;
- 4) арендную плату за офис, склад продукции;
- 5) отчисления на социальное страхование и разного рода обязательные платежи;
- 6) затраты, связанные с эксплуатацией и содержанием основных средств;
- 7) содержание офиса, оплату коммунальных услуг;
- 8) расходы на услуги связи (телефон, интернет) и так далее.

Относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря и т.д. Расходы принимаются в размере 10 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников.

Расчет ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (12.4.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,1 \cdot (38350 + 3835) = 4219 \text{ руб.}$$

Полученные результаты приведены в таблице 12.4.7.

Таблица 12.4.7 – Смета затрат

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	55726
Стоимость оборудования	2 764 917
Затраты на заработную плату	44662
Затраты на социальные отчисления	12655
Накладные расходы	4219
Итого	2 882 179

В заключение можно сказать, что бюджет затрат НТИ составит 2 882 179 руб. Основными затратами, в ходе разработки ВКР, являются затраты на покупку оборудования и затраты на заработную плату.

12.5 Потенциальные риски

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 12.5.1 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Появление конкурентов и аналогов	4	5	высокий	Усовершенствование системы	Выход данной системы на рынок
2	Финансирование	3	3	средний	Участие в тендерах	Не заинтересованность системой
3	Авария	2	2	низкий	Проведение проверок оборудования, устранение неисправностей	Выход из строя системы

Таким образом, выявлены риски проекта и способы их смягчения. Наиболее опасными для разработанной установки является наличие конкурентов и аналогов данной разработки и низкий уровень выхода установки на рынок и, следовательно, отсутствие финансирования.

12.6 Эффективность исследования

Защита лесных ресурсов от пожара является важной задачей управления лесным хозяйством. Среди множества источников атак на лес пожар является самым опасным. Он также представляет опасность для людей, живущих в лесу или по соседству с лесом. Ежегодно из-за лесных пожаров тысячи людей теряют свои жилища, а сотни людей погибают в них. Кроме того, гибнут десятки тысяч диких животных. Огонь уничтожает сельскохозяйственные посевы и ведет к эрозии почвы, которая в долгосрочной перспективе ведет даже к катастрофическим последствиям, чем описанные выше потери. Когда в результате пожара почва становится бесплодной, а затем она намокает в результате сильных дождей, могут иметь место огромные грязевые или земляные оползни.

Согласно имеющимся оценкам ежегодно:

- выгорает от 10 до 15 миллионов гектаров бореального (северного) леса или леса умеренной зоны;
- выгорает от 20 до 40 миллионов гектаров лесов зоны тропических дождей;
- выгорает от 500 до 1000 миллионов гектаров тропических и субтропических саванн, лесных площадей и редиин.

Нижеследующие факторы делают работу по борьбе с пожарами в особенности трудной и опасной:

- чрезмерный жар, развиваемый пожаром (пожары всегда возникают при жаркой погоде);
- плохая видимость (вследствие дыма и пыли);
- трудная местность (пожар всегда следует за направлением ветра и обычно поднимается вверх по склону);
- трудности в обеспечении пожарных (водой, пищей, инструментами, топливом);
- частая необходимость работать по ночам (самое легкое время для того, чтобы "убить огонь");

- невозможность обогнать огонь при сильном ветре (огонь движется быстрее, чем может бежать любой человек);
- внезапное изменение в направлении ветра, так что никто не в состоянии предугадать дальнейшее распространение огня;
- напряжение и усталость вынуждают людей делать катастрофические по своим последствиям ошибки, которые часто ведут к смертельному исходу.

Вывод по разделу "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение":

1) Потенциальные потребители результатов НТИ. Потенциальными потребителями разработанной системы является МЧС, а также ВДПО (Всероссийское добровольное пожарное общество).

2) Оценка конкурентоспособности технических решений. Разработанная установка позволяет уменьшить время тушения пожара и увеличить площадь тушения.

3) Матрица SWOT. Так как система имеет слабые и сильные стороны, была разработана матрица SWOT, где выявлены внешние и внутренние факторы, которые влияют на развитие проекта, что позволяет изыскать новые возможности развития и определить основные риски

4) График проведения и бюджет НТИ. Бюджет затрат НТИ составит 2 882 179 руб. Основными затратами, в ходе разработки ВКР, являются затраты на покупку оборудования и затраты на заработную плату.

5) Потенциальные риски. Наиболее опасными рисками являются аварии и повреждения системы, так как она применяется при тушении пожаров.

6) Эффективность исследования. На сегодняшний день стоимость 1 га леса составляет 4310 рублей. Например, леса умеренной зоны ежегодно выгорают на сумму:

$$Ц_r = 4310 \cdot 13\,000\,000 = 56\,030\,000\,000 \text{ руб.}$$

Сумма сгоревшего леса многократно превышает затраты НТИ, что доказывает, что исследование эффективно и окупаемо.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ74	Борисовой Анастасии Геннадьевне

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостей

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования и области его применения	Разработка автоматизированной системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостей.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий" ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
2. Производственная безопасность 2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: 1) отклонение показателей микроклимата; 2) превышение уровня шума; 3) недостаточная освещенность рабочей зоны; 4) поражение электрическим током; 5) механическое воздействие.
3. Экологическая безопасность	Воздействие на окружающую среду: 1) выделение углекислого газа, сажи, окислов азота; 2) гибель животных и растений.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	ГОСТ Р 22.1.09-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Куликова Ольга Александровна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ74	Борисова Анастасия Геннадьевна		

13 Социальная ответственность

Улучшение условий и охраны труда работающего населения, снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является одной из важнейших концепций социальной политики государства. Усиление механизмов государственного регулирования и рост гражданской активности побуждают предприятия уделять особое внимание вопросам социальной ответственности, которые отвечают долгосрочным интересам развития предприятия и соответствуют социальным целям общества, способствуют соблюдению прав человека и сохранению окружающей среды. Социальная ответственность может быть корпоративной и индивидуальной. Корпоративная социальная ответственность – это выполнение организациями социальных обязательств, предписываемых законом, а также готовность предприятия добровольно нести необязательные расходы на социальные нужды сверх пределов, установленных законодательством, исходя из моральных, этических соображений. Индивидуальная ответственность наступает, когда человек начинает заботиться не только о себе и несет ответственность за результат своей деятельности.

В данном разделе ВКР рассмотрены вредные и опасные факторы, воздействие которых возможно на сотрудника, разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника, вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

В ВКР разработана автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостей. Для обеспечения работоспособности системы необходим оператор, который должен осуществлять оперативное управление процессом пожаротушения. Деятельность оператора направлена на оценку и обработку поступающей информации. Особенности деятельности являются анализ поступающей

информации с тепловизора, обнаружение горячих точек на экране и быстрое принятие решений о тушении и локализации пожара.

Поэтому объектом исследования данного раздела является рабочее место оператора, которое предусматривается на базе персонального компьютера с цветным графическим монитором, на который выводится мнемосхема с параметрами системы по подготовке полидисперсной жидкости, а также данные с тепловизора в режиме реального времени.

13.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Комплексная инженерная деятельность руководителя на каждом предприятии всегда должна учитывать три уровня социальной ответственности за решения, которые он принимает для исполнения федерального законодательства и нормативных правовых актов в области безопасности жизнедеятельности, защиты окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

Первый уровень, также базовый, является обязательной составляющей социальной ответственности и включает выполнение следующих обязательств: проводить своевременную оплату налогов, выплату заработной платы, по возможности проводить увеличение рабочего штата.

Второй уровень социальной ответственности предприятия подразумевает применение инструментов, которые направлены на улучшение качества внутренней среды для сотрудников предприятия. Например: возможности для повышения квалификации, обеспечение жильём.

И третий уровень – это наивысший уровень ответственности, который предполагает деятельность, направленную на повышение качества жизни населения, развитие общества, на территории, где функционирует предприятие.

Под специальными правовыми нормами трудового законодательства понимаются права сотрудников предприятия. Сотрудник имеет право на рабочее место, на обучение безопасным приемам и методам труда.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны подразумевают, совокупность мер для обеспечения комфортной работы

сотрудника. Законодательством предусмотрен ГОСТ 12.2.032-78, который полностью описывает каким правилам и нормам должно соответствовать рабочее место [50].

Наиболее правильная организация рабочего места позволяет значительно снять напряжённость в работе, уменьшить неблагоприятные чрезмерные нагрузки на организм и, как следствие, повысит производительность труда. Предметом эргономики является конкретная деятельность человека, использующего машины, а объектом исследования - система «человек – машина» [51].

При организации рабочего места следует выполнять требования эргономики. К эргономическим показателям трудового процесса относятся:

- гигиенические показатели: температура и влажность воздуха, состав воздуха рабочей зоны, освещенность рабочего места, шум и т. д.;
- антропометрические показатели, определяющие размеры тела человека и соответствующие им размеры, формы рабочих мест, органов управления и инструментов;
- физиологические показатели, которые определяют соответствие выполняемых человеком трудовых операций энергетическим, слуховым, зрительным и другим физиологическим возможностям человека;
- эстетические показатели, согласно которым производственное оборудование должно соответствовать требованиям технической эстетики.

При конструировании и размещении рабочих мест следует предусмотреть меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление, предотвращающие возникновение психофизиологического стресса, а также появление ошибочных действий.

Рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить возможность удобного выполнения работ;
- учитывать физическую тяжесть работ;

- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

13.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создавать объект исследования

В таблице 13.2.1 приведены возможные вредные и опасные факторы, возникающие при выполнении работ.

Таблица 13.2.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Иследо вание	Эксплу тация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 [51]. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [53]. Шум. Общие требования безопасности.
2.Превышение уровня шума		+	+	
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[52]. "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий".
4.Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ [54]. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5.Механическое воздействие		+	+	ГОСТ Р 56257-2014 [55] Характеристика факторов внешнего природного воздействия. Общая классификация. ГОСТ Р 53328-2009 [58] Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний.

13.3. Отклонение показателей микроклимата

Под состоянием воздушной среды понимаются метеорологические условия в рабочем помещении. Метеорологические условия определяются следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) скорость движения воздуха на рабочем месте;
- 3) относительная влажность.

Данные показатели должны обеспечивать оптимальные и комфортные условия для человека в помещении на протяжении его рабочей смены. В таблице 13.3.1 приведены оптимальные допустимые значения параметров микроклимата [52]. При холодном периоде среднесуточная температура составляет 10 °С, а при теплом периоде среднесуточная температура воздуха выше +10 °С.

Таблица 13.3.1 – Оптимальные допустимые значения параметров микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура поверхностей, °С	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %
Теплый	до 139	22-26	23-25	0,1	60-40
	140-174	21-25	22-24	0,1	60-40
	175-232	19-23	20-22	0,2	60-40
	233-290	18-22	19-21	0,2	60-40
	более 290	17-21	18-20	0,3	60-40
Холодный	до 139	21-25	22-24	0,1	60-40
	140-174	20-24	21-23	0,1	60-40
	175-232	18-22	19-21	0,2	60-40
	233-290	16-20	17-19	0,2	60-40
	более 290	15-19	16-18	0,3	60-40

Для поддержания определенных параметров в помещении могут применяться такие технические средства как кондиционеры. Они способны поддерживать определенное значение температуры и способны обеспечить значение влажности в пределах от 40 % до 60 %.

13.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места имеет большую значимость. Правильно выполненное и спроектированное освещение рабочего места способно обеспечить нормальную производственную деятельность человека. Для освещения производственных помещений принято использовать искусственное и естественное освещение. Так как существует недостаток естественного освещения, то применяют систему смешанного освещения. Степень освещенности рабочего места должна зависеть от характера выполняемой зрительной работы.

При работе в исследуемом помещении освещённость определяется минимальным объектом различения – шириной линии печатного или рукописного текста. Для данного вида работы норма освещённости должна быть не менее 300 лк [53].

Естественное освещение подразделяют на боковое, осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее, осуществляемое через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях, а также через световые проемы в местах перепада высот смежных пролетов зданий; комбинированное, когда к верхнему освещению добавляется боковое.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем – общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах.

Общее освещение подразделяют на общее равномерное освещение (при равномерном распределении светового потока без учета расположения оборудования) и общее локализованное освещение (при распределении светового потока с учетом расположения рабочих мест). Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на следующие виды: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы, прохода людей. Аварийное освещение устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при аварии) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное нарушение работы таких объектов, как электрические станции, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения и другие производственные помещения, в которых недопустимо прекращение работ.

Эвакуационное освещение следует предусматривать для эвакуации людей из помещений при аварийном отключении рабочего освещения в местах, опасных для прохода людей, на лестничных клетках, вдоль основных для прохода людей, на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работает более 50 человек.

13.5. Превышение уровня шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Источником повышенного уровня шума при проведении работ являются офисная техника и ЭВМ.

Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную и сердечнососудистую систему. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться также причиной несчастного случая. Воздействие шума с уровнем выше 140 дБ на организм человека приводит к разрыву барабанных перепонки и летальному исходу ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [54].

Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 60 дБА.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путем:

- изоляции источников шумов;
- проведения акустической обработки помещений лаборатории;
- наличие у человека шумоизоляционных наушников.

13.6. Поражение электрическим током

Электробезопасность – это совокупность технических и организационных средств и мероприятий, которые обеспечивают защиту человека от опасного и вредного для жизни воздействия статического электричества, электрической дуги, электрического тока и электромагнитного поля [55]. Повышение электробезопасности подразумевает снижение влияния на пользователя климатической камерой следующих вредных и опасных факторов производства:

- повышенное значение напряжения в электрической цепи;
- повышенное значение уровня электромагнитных излучений;
- повышенное значение уровня статического электричества.

В зависимости от условий производственной среды, в соответствии с «Правилами устройства электроустановок», все помещения классифицируются по опасности поражения людей электрическим током на три группы. В соответствии с данной классификацией, помещение климатической камеры относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствуют следующие факторы:

- относительная влажность воздуха, превышающая 75 %;
- высокая температура воздуха;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- 1) все оборудование должно быть заземлено;
- 2) все работы по устранению неисправностей должен проводить квалифицированный работник;
- 3) необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

13.7. Механическое воздействие

Существует опасность получения травмы подвижными элементами модуля линейного перемещения. Перед включением модуля следует убедиться в отсутствии каких-либо препятствий на пути каретки.

Согласно ГОСТ Р 56257-2014 [56], мерами предосторожности являются:

- при эксплуатации модуля необходимо соблюдать все общие правила техники безопасности работы с механизмами;
- запрещается эксплуатация модуля при обнаружении неисправностей в работе механических или электрических компонентов. Продолжать работу разрешается только после устранения причин неисправностей специалистами;
- при эксплуатации необходимо следить за чистотой всех механизмов модуля и двигателя, периодически очищать их от пыли и грязи. Обтирочные материалы, которыми очищается модуль, не должны оставлять следов и ворса на протираемых поверхностях.

Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Для предотвращения ожога при работе в пожарной машине необходима специализированная одежда, и выполнение техник безопасности.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током соблюдаются требования:

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

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов заземлены;
- все работы по устранению неисправностей проводятся квалифицированным персоналом;
- постоянное наблюдение за исправностью электропроводки.

Требования стойкости к внешним воздействиям

По устойчивости к климатическим воздействиям ПА должны соответствовать исполнению У, УХЛ или ХЛ, категории размещения 1 (эксплуатация на открытом воздухе), в атмосфере типов 1 и 2 (условно чистой и промышленной) по ГОСТ 15150 [57] с размещением в период оперативного ожидания по ГОСТ 12.4.009 [58] (помещения с температурой воздуха не ниже 10 °С), если иное не предусмотрено требованиями к конкретной модели.

ПА должна обеспечивать возможность установки системы теплозащиты основных агрегатов, в первую очередь топливных баков, для защиты автомобиля от действия повышенных тепловых потоков с интенсивностью теплового излучения 4,0; 14,0 и 25,0 кВт/м.

Конструкция салона должна обеспечивать сохранение жизненного пространства при опрокидывании автомобиля, лобовом столкновении, наездах сзади и сбоку.

Оборудование в салоне должно быть размещено таким образом, чтобы отсутствовали острые углы и кромки, способные нанести травмы боевому расчету. Крепление оборудования должно исключать возможность его самопроизвольного перемещения во время движения [59].

13.8. Экологическая безопасность

Последствия лесных пожаров всегда имеют негативный характер. Неконтролируемое распространение огня наносит не только экономически значимый урон, но и имеет страшные последствия для экологии. Выгорание обширных площадей леса ведет к радикальному изменению экосистем

пострадавшего региона, что в итоге может повлечь за собой непредсказуемый результат.

Выделяют следующие последствия пожаров:

- преобразуется видовое разнообразие биоценоза, появляется риск полного исчезновения в этих регионах редких пород деревьев;
- изменяется состав почвы и ее водный режим;
- локально меняется круговорот углерода и азотистых соединений;
- нарушается транспортное сообщение;
- из-за гари и смога ухудшается здоровье людей;
- происходит частичное или полное повреждение жилых домов, предприятий и хозяйственных построек, прилегающих к охваченному огнем району;
- нарушается сельскохозяйственная деятельность, так как задымленность препятствует полноценному процессу фотосинтеза, что тормозит рост и созревание культур;
- возникает необходимость непредвиденных финансовых затрат на восстановление поврежденных территорий.

13.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, произошедшая в результате опасного природного явления, аварии, катастрофы, или иных бедствий, способных повлечь или повлекли за собой ущерб здоровью человека или окружающей природе, человеческие жертвы, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [60].

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Поражающие факторы лесных пожаров и характер их действия приведены в таблице 13.9.1.

Таблица 13.9.1 - Поражающие факторы лесных пожаров и характер их действия [61]

Источник ЧС	Поражающий фактор	Характер действия, проявления поражающего фактора
Лесной пожар	Теплофизический - по ГОСТ Р 22.0.06	Пламя. Нагрев тепловым потоком. Тепловой удар. Помутнение воздуха. Опасные дымы.
	Химический - по ГОСТ Р 22.0.06	Загрязнение атмосферы, почвы, грунтов, гидросферы
Лесной пожар радиоактивный	Теплофизический	По ГОСТ Р 22.0.06. Также недостаток кислорода в зоне горения, разлет горящих частиц, огненные вихри и смерчи
	Химический	По ГОСТ Р 22.0.06
	Радиофизический	Ионизирующие излучения. Образование радиоактивных продуктов горения ЛГМ - открытых источников ионизирующего излучения. Радиоактивное загрязнение атмосферы, почвы, растений, гидросферы. Недостаток кислорода в зоне горения, разлет горящих частиц, огненные вихри и смерчи

Заключение по разделу «Социальная ответственность»

Угроза глобального экологического кризиса требует кардинальные изменения в сознании человека, в частности, в экологическом сознании путем распространения экологического знания, например, через систему образования, а также путем выполнения мероприятий, направленных на кардинальное улучшение экологической обстановки в мире. Разработанная АСУ является альтернативой системой, которая не оказывает вредное влияние на природу, в отличие от систем с применением тушащих порошков и пенообразователей.

Социальная роль разработанной АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий заключается в повышении эффективности работы, уменьшение времен тушения и локализации лесных пожаров. В разделе «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы:

- 1) рассмотрены понятия социальной ответственности предприятия (корпоративной, индивидуальной);
- 2) проанализированы вредные и опасные факторы, воздействие которых возможно на оператора и уровень которых не должен превышать предельных значений, оговоренных правовыми и санитарно–техническими нормами;
- 3) отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника;
- 4) проанализированы вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях и меры для их предупреждения.

Заключение

В рамках магистерской диссертации разработана автоматизированная система локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных жидкостных аэрозолей.

В ходе научных исследований было выявлено, что применение полидисперсных жидкостных аэрозолей позволит уменьшить времена тушения пожаров и увеличит площадь тушения. Увеличение площади тушения достигается за счет взрыва капли при подлете к пламени.

Разработанная система позволяет подготавливать полидисперсную жидкость в транспортном средстве. Также, с помощью тепловизора, входящего в состав системы, возможно отслеживание максимально горячих участков, что позволит экономить жидкость при выборе места тушения.

Спроектированная система является трехуровневой. Полевой уровень включает датчики измерения вязкости, уровня, расхода, а также запорную арматуру и исполнительные механизмы. На среднем уровне располагается контроллер, на верхнем уровне – АРМ оператора.

В ходе выполнения магистерской диссертации разработана проектная документация: схема структурная, схема функциональная, схема принципиальная электрическая, схема монтажная и общий вид щита.

Пояснительная записка к проекту содержит подробное описание основного оборудования, приборов и технических средств автоматизации, экспериментальных исследований, а также мнемосхема. При выборе приборов руководствовались каталогами и сайтами производителей.

Также выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Список публикаций студента

1. Borisova A. G. , Piskunov M. V. , Strizhak P. A. Enhancing boiling and explosive breakup of evaporating heterogeneous water drops in high temperature gaseous media // Chemical and Petroleum Engineering. - 2018 - Vol. 54 - №. 1-2. - p. 21-25.
2. Borisova A. G. , Gumerov V. M. , Piskunov M. V. , Ushmaev D. V. Enhancing efficiency of using water due to explosive breakup of liquid drop // MATEC Web of Conferences . - 2017 - Vol. 92, Article number 01065. - p. 1-3.
3. Borisova A. G. , Gumerov V. M. , Piskunov M. V. Influence of surface roughness and porosity of inclusion in water droplet on heat transfer enhancement // MATEC Web of Conferences . - 2016 - Vol. 84, Article number 00006. - p. 1-4.
4. Borisova A. G. , Piskunov M. V. , Rybatsky K. A. Evaporation and vapor formation of graphite suspensions based on water in a high-temperature gas environment: an experimental investigation // EPJ Web of Conferences. - 2016 - Vol. 110, Article number 01013. - p. 1-5.
5. Борисова А. Г. , Высокоморная (Фомина) О. В. , Пискунов М. В. Влияние пористой структуры поверхности твёрдой частицы на условия вскипания неоднородной капли воды // Ползуновский вестник. - 2017 - №. 1. - С. 67-71.
6. Борисова А. Г. , Пискунов М. В. , Стрижак П. А. Интенсификация вскипания и взрывного распада испаряющихся неоднородных капель воды в высокотемпературной газовой среде // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2018 - №. 1. - С. 15-18.
7. Борисова А. Г. , Пискунов М. В. , Хомутов Н. А. Фазовые превращения капель воды с твердыми нерастворимыми включениями при высокотемпературном нагреве [Электронный ресурс] // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина , Томск, 3-7 Апреля 2017. - Томск: ТПУ, 2017 - Т. 2 - С. 175-177. - Режим доступа: http://portal.tpu.ru/files/conferences/usovma/2017/vol2_2017.pdf.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Wang, J., Zhang, X. Impacts of wildfires on interannual trends in land surface phenology: An investigation of the Hayman Fire //Environmental Research Letters. -2017. –Vol. 12, Article number 054008.
2. Dimitrakopoulos A., Gogi C., Stamatelos G., Mitsopoulos I. Statistical analysis of the fire environment of large forest fires (>1000 ha) in Greece. Pol. J. Environ. Stud. 2011. Vol. 20. P. 327–332.
3. Catry F.X., Rego F.C., Moreira F., Bacao F. Characterizing and modelling the spatial patterns of wildfire ignitions in Portugal: Fire initiation and resulting burned area. 1st International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires, 17–18 September 2008. Spain, 2008. Vol. 119. P. 213–221.
4. Klyde D.H., Alvarez D.J., Schulze P.C., Cox T.H., Dickerson M. Limited handling qualities assessment of very large aerial tankers for the wildfire suppression mission. AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference, 2–5 August 2010. Canada, 2010. Code 97625.
5. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий РФ от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году.– М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016.
6. Гришин А.М., Якимов А.С. Математическое моделирование возникновения и распространения торфяных пожаров. Инженерно-физический журнал. 2011. Т.85, №5. С. 972–980.
7. Korobeinichev O.P., Shmakov A.G., Shvartsberg V.M., Chernov A.A., Yakimov S.A., Koutsenogii K.P., Makarov V.I. Fire suppression by low-volatile chemically active fire suppressants using aerosol technology. Fire Safety Journal. 2012. Vol. 51. P. 102-109.
8. Курбатский, Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов / Н.П. Курбатский // Вопросы пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР. – 1970. – С. 5–58.
9. Конев, Э.В. Физические основы горения растительных материалов / Э.В. Конев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. – 1977. – 239 с.

10. Танков Д.А., Жамурина Н.А., Танков А.А. Некоторые особенности сезонной и суточной динамики лесных пожаров на территории Оренбургской области. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №1 (39). С. 195– 197.
11. Ward, D.S., Shevliakova, E., Malyshev, S., Lamarque, J.-F., Wittenberg, A.T. Variability of fire emissions on interannual to multi-decadal timescales in two Earth System models // Environmental Research Letters. -2016. –Vol. 11, Article number 125008.
12. Тушение пожара ручными инструментами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://studfiles.net/preview/4407258/page:3/>.
13. Н. Д. Гуцев, Н. В. Михайлова, И. Ю. Корчунова Результаты сравнительных испытаний новых огнетушащих составов на модельных лесных пожарах // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2013. – №4. – С. 40–52.
14. Билкун Д.Г. Тушение древесины водой с низкомолекулярными добавками //Теоретические и экспериментальные выбросы пожаротушения: сб. тр. М.: ВНИИПО, 1982. – С. 99–105.
15. Копылов Н.П., Хасанов И.Р., Кузнецов А.Е., Федоткин Д.В., Москвиллин Е.А., Стрижак П.А., Карпов В.Н. Повышение эффективности тушения лесных пожаров с использованием добавок к воде // Пожарная безопасность. – 2015. – №4. – С. 46-50.
16. А. А. Мельник, С.А. Техтереков, Н. В. Мартинович, Ж. С. Калюжина — Справочник начальника караула пожарной части. — Справочник / Сибирская пожарно-спасательная академия - филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, 2014.
17. Gupta, M. Experimental evaluation of fire suppression characteristics of twin fluid water mist system / M. Gupta, R. Rajora, S. Sahai, R. Shankar, A. Ray, S.R. Kale // Fire Saf. J. – 2012. – V. 54 – P. 130–142.
18. Vysokomornaya, O.V. Experimental investigation of atomized water droplet initial parameters influence on evaporation intensity in flaming combustion zone /

- O.V. Vysokomornaya, G.V. Kuznetsov, P.A. Strizhak // *Fire Saf. J.* – 2014. – V. 70. – P. 61–70.
19. Xiao, X.K. On the behavior of flame expansion in pool fire extinguishment with steam jet / X.K. Xiao, B.H. Cong, X.S. Wang, K.Q. Kuang, Richard K.K. Yuen, G.X. Liao // *J. Fire Sci.* – 2011. – № 4. – V. 29. – P. 339–360.
20. Yao, B. Experimental study of suppressing Poly(methyl methacrylate) fires using water mists / B. Yao, B.H. Cong // *Fire Saf. J.* – 2012. – V. 47. – P. 32–39.
21. Zhou, X. Spray characterization measurements of a pendent fire sprinkler / X. Zhou, S.P. D’Aniello, H.-Z. Yu // *Fire Saf. J.* – 2012. – V. 54. – P. 36–48.
22. Försth, M. Enhanced absorption of fire induced heat radiation in liquid droplets / M. Försth, K. Möller // *Fire Saf. J.* – 2013. – V. 55. – P. 182–196.
23. Волков, Р.С. Влияние твердых включений в каплях жидкости на характеристики их испарения при движении через высокотемпературную газовую среду / Р.С. Волков, Г.В. Кузнецов, П.А. Стрижак // *Журнал технической физики.* – 2014. – Т. 84, № 12. – С. 33–37.
24. Volkov, R.S. Experimental investigation of mixtures and foreign inclusions in water droplets influence on integral characteristics of their evaporation during motion through high-temperature gas area / R.S. Volkov, G.V. Kuznetsov, P.A. Strizhak // *Int. J. Therm. Sci.* – 2015. – V. 88. – P. 193–200.
25. Volkov, R.S. The influence of initial sizes and velocities of water droplets on transfer characteristics at high-temperature gas flow / R.S. Volkov, G.V. Kuznetsov, P.A. Strizhak // *Int. J. Heat Mass Transfer.* – 2014. – V. 79. – P. 838–845.
26. ГОСТ Р МЭК 61131–3–2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. - М.: Стандартинформ, 2016. – 389 с.
27. ГОСТ 21.403–80 Система проектной документации для строительства. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое. – М: Государственный строительный комитет СССР, 1980. – 35 с.
28. Волощенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. – Томск: ТПУ, 2011. – 108 с.

29. ГОСТ 21.208–2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М: Стандартформ, 2015. – 30 с.
30. Тепловизор промышленный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://granat-e.ru/dali_f2_fire_fighting.html.
31. Тепловизор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pergam.ru/catalog/thermal_imagers/uncooled_scientific/infratec-variocam.htm.
32. Расходомер “SolidFlow”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusautomation.ru/rashodomer-solidflow>.
33. Расходомер “DensFlow”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusautomation.ru/rashodomer-densflow>.
34. Расходомер “LM OG I-PVC, 1/2”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusautomation.ru/rashodomery/lm-og>.
35. Вилочные вискозиметры Micro Motion. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsp-co.org/assets/1-fvm-pds-rus-ps-001660.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
36. Датчик давления “ПД100И-121”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.owen.ru/product/preobrazovateli_dlya_vyazkih_zagryaznyonnih_sred.
37. Датчик давления “ПД200-ДИ”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.owen.ru/product/preobrazovateli_izbitchnogo_davleniya_owen_pd200_di_div.
38. Воздуходувка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zenova.ru/category/vozduhoduvki/model/scl-k04-ms>.
39. Сигнализатор уровней емкостной ДУЕ-10.2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sensorika.ru/signalizator_due_10.2.
40. Сигнализатор уровней емкостной ЛМК 331. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bdsensors.ru/pdf/doc/lmk331.pdf>.

41. ПЛК160 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/rie_plk160_1122.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
42. Система автоматизации S7–300. Данные модулей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/S7_300_Modul_Data_p1_r.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
43. Механизмы исполнительные электрические однооборотные. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/docs/re/59.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
44. Блок ручного управления БРУ–42. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vtmarket.ru/bru-42,_bru-32,_bru-22_blok_ruchnog, свободный. – Загл. с экрана.
45. Пусковое устройство БУЭР3-30-02. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elkont.ru/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=170&sobi2Id=474&Itemid=55.
46. Насос ЦНС 180-85. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ufk-techno.ru/726.htm>.
47. Клюев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
48. ГОСТ 34.201-89. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. – М.: Стандартинформ, 2008.–13 с.
49. Портал КИП и Автоматика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/110-proektirovanie/398-shema-vneshnih-provodok.html>/ свободный. – Загл. с экрана.
50. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 11 с.

51. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. –39 с.
52. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 12 с.
53. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий". – М.: Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 31, 04.08.2003 – 28 с.
54. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2015. – 48 с.
55. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с.
56. ГОСТ Р 56257-2014 Характеристика факторов внешнего природного воздействия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 54 с.
57. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – М.: Стандартинформ, 2010. – 91 с.
58. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с Изменением N 1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 16 с.
59. ГОСТ Р 53328-2009 Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 89 с.

60. Чрезвычайная ситуация. [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Чрезвычайная_ситуация / свободный. – Загл. с экрана.
61. ГОСТ Р 22.1.09-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 16 с.

Приложение А

Заказная спецификация средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол-во
1	2	3	4
1а, 2а, 3а	Многофункциональная станция ручного управления, 8 входов для подключения датчиков. ООО «завод Микрал» г. Челябинск	БЧЭРЗ-30-02	6
1б, 3б	Кнопка 22 мм зеленая с возвратом 1НО. ПГ «Schneider Electric»	XB4BA31	12
2б	Кнопка 22 мм красная с возвратом 1НО. ПГ «Schneider Electric»	XB4BA34	6
1в	Механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 1600 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с, номинальное значение полного хода 0,25 об., в составе с токовым блоком сигнализации. положения выходного вала; год разработки – 1992. ОАО «СКБ СПА», г. Чебоксары.	МЭО-1600/63-0,25У-92КБ	6
5а	Вискозиметр, диапазон измерения вязкости 0...20 Пас, диапазон измерения температуры -40...150 °С. Выходной сигнал 4...20 мА. Питание 24 В. ООО «Эмерсон», г. Москва	FVM	1
6а	Датчик уровня LMK 331, предел измерения 0...6 м вод. ст., предел допускаемой основной погрешности ± 0,5 %. керамический сенсор датчика устойчив к воздействию агрессивных сред ООО «BDISENSORS», г. Москва	LMK 331	2
7а	Расходомер сыпучих материалов, диапазон рабочих температур: -10... 45 °С, класс точности ± 2...5. ООО «Русавтоматизации» г. Челябинск	DensFlow	1
		ФЮРА.421000.005 С01	
Разраб.	Борисова А.Г.	Стад	Листов
Пров.	Стрижак П.А.	ТРП	2
Н. контроль	Медведев В.В.	ТПУ НОЦ ИШЭ Группа 55М74	

1	2	3	4
8а	Тепловизор для пожаротушения InfraTec VarioCAM HD head. Спектральный диапазон 8...14 мкм, диапазон температур -- 40...+1200 °С. Погрешность - ± 1 °С. АО «Пергам-Инжиниринг» г. Москва	InfraTec VarioCAM HD head	1
9а	Датчик давления ПД100И-121, диапазон измерений 0,01 ... 2,5 МПа, предел допускаемой основной погрешности ± 0,5 %. Выходной сигнал 4...20 мА. Питание 24 В.	ПД100И-121.	1
10	Расходомер, диапазон рабочих температур: -10...45 °С, класс точности ± 0,5. ООО «Русавтоматизации» г. Челябинск	LM OG I-PVC, ½	1
3	Многоступенчатый насос для воды ЦНС 180-85, Температура перекачиваемой воды 0 ... 45 °С. ПГ «Метран» г. Челябинск	ЦНС 180-85	2
4	Воздуходувка FPZ SCL 06. Напряжение 380 В, производительность 10 м³/час. Италия	FPZ SCL 06	2
	Блок управления электродвигателем реверсивный, входной сигнал управления 4...20 мА, степень защищенности IP20. ЗАО «Волмаг», г. Чебоксары	БРУ-110	6
	Программируемый логический контроллер ОВЕН 160. В состав контроллера входят следующие блоки (модули): Центральный процессор (CPU). Питание 24 В. АО «ОВЕН» г. Москва	ОВЕН 160	1
ФЮРА.421000.005 С01			Лист
			2

Приложение Б

Листинг программы срабатывания регулирующих органов и насосов

```
PROGRAM PLC_PRG
```

```
VAR
```

```
TE1: REAL; (*Значение температуры*)  
Timegist, timer_alarm: TON; (*Таймеры*)  
Alarm: BOOL; (*Сигнал аварии*)  
m1, i1: INT; (*переменные-счетчики*)  
start: BOOL; (*разрешение работы системы*)  
stop_pump, pus_k_pump: BOOL; (*старт/пуск насоса воды*)  
stop_pump_SM, pus_k_pump_SM: BOOL; (*старт/пуск насоса смеси*)  
openRO1, closeRO1: BOOL; (*PO1 открыть/закрыть ТУ*)  
RO1_ON, RO1_OFF: BOOL; (*PO1 открыто/закрыто ТС*)  
openRO2, closeRO2: BOOL; (*PO2 открыть/закрыть ТУ*)  
RO2_ON, RO2_OFF: BOOL; (*PO2 открыто/закрыто ТС*)  
openRO3, closeRO3: BOOL; (*PO3 открыть/закрыть ТУ*)  
RO3_ON, RO3_OFF: BOOL; (*PO3 открыто/закрыто ТС*)  
N_solid: REAL; (*Концентрация*)  
N_solid_gist: REAL:=0.005; (*Гистерезис концентрации*)  
ust_temp: REAL; (*Температурная уставка*)  
LE1: REAL; (*Значение уровня жидкости*)  
FE1: REAL; (*Значение расхода*)  
FE_norma: REAL:=4; (*Нормальное значение расхода*)  
water_true: BOOL; (*Долив жидкости*)
```

```
END_VAR
```

```
(*НАЧАЛО ПРОГРАММЫ*)
```

```
(*Проверка первого условия*)
```

```
ust_temp:=450;
```

```
IF TE1>ust_temp THEN
```

```
    Timegist(IN:=TRUE,PT:=T#5s);
```

```
ELSE
```

```
    Timegist(IN:=FALSE,PT:=T#0s);
```

```
END_IF
```

```
(*Если температура выше 450 град. 5 секунд, то пуск системы*)
```

```

IF Timegist.Q=TRUE AND TE1>ust_temp THEN
    start:=TRUE;
ELSE
    start:=FALSE;
END_IF

IF start=TRUE THEN
    IF LE1<1.5 THEN (*Если уровень меньше 1,5*)
        water_true:=1; (*Долив жидкости**)
        openRO1:=1; (*Открытие PO1*)
        closeRO1:=0;
        IF RO1_ON=1 THEN
            pusк_pump:=1; (*Пуск насоса*)
        ELSE
            pusк_pump:=0;
        END_IF
    ELSIF LE1>1.6 AND water_true=1 THEN (*Если уровень превысил уставку*)
        water_true:=0;
        openRO1:=0;
        closeRO1:=1; (*Закрытие PO1*)
        pusк_pump:=0; (*Останов насоса*)
    END_IF
    IF LE1>1.5 AND water_true=0 THEN
        IF N_solid<0.01 THEN (*Если концентрация ниже уставки*)
            openRO2:=1; (*Открытие PO2*)
            closeRO2:=0;
        ELSIF N_solid>0.01+N_solid_gist THEN (*Если концентрация выше уставки*)
            openRO2:=0;
            closeRO2:=1; (*Закрытие PO2*)
            openRO3:=1; (*Открытие PO3*)
            closeRO3:=0;
        END_IF
        IF RO2_ON=1 THEN (*При открытом PO3*)
            IF FE1<>FE_norma THEN (*Если расход отклонился от нормы*)
                timer_alarm(IN:=TRUE,PT:=T#30s); (*Запуск таймера*)
            END_IF
        END_IF
    END_IF
END_IF

```

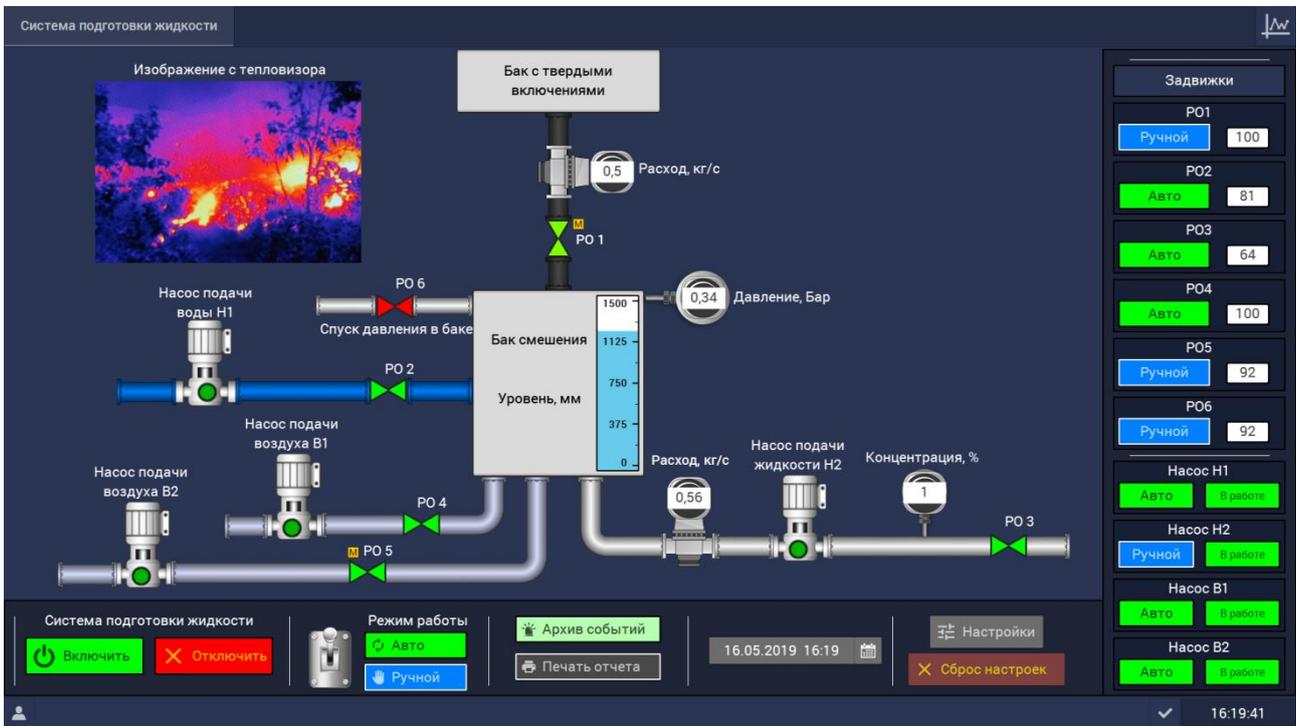
```

ELSE
    timer_alarm(IN:=FALSE,PT:=T#0s); (*Сброс таймера*)
END_IF
IF FE1<>FE_norma AND timer_alarm.Q=1 THEN (*Выдача аварии*)
    Alarm:=1;
ELSE
    Alarm:=0;
    timer_alarm(IN:=FALSE,PT:=T#0s);
END_IF
END_IF
END_IF
IF RO3_ON=1 THEN (*Если РО3 открыт*)
    pusk_pump_SM:=1; (*Пуск насоса*)
    stop_pump_SM:=0;
ELSE
    pusk_pump_SM:=0;
    stop_pump_SM:=1; (*Если РО3 закрыт, останов насоса*)
END_IF
ELSE (*Если запрет работы системы*)
    closeRO1:=1; (*Закрытие РО1*)
    closeRO2:=1; (*Закрытие РО2*)
    closeRO3:=1; (*Закрытие РО3*)
    stop_pump:=1; (*Останов насоса*)
    stop_pump_SM:=1;(*Останов насоса*)
END_IF

```

Приложение В

Мнемосхема автоматизированной системы локализации и тушения пожаров с применением полидисперсных неоднородных жидкостных аэрозолей



Приложение Г
 Диаграмма Ганта

Наименование работы	Исполнители Должность	Кол-во дней	Продолжительность выполнения работ																	
			декабрь			январь			февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение задания ТЗ	НР	6																		
	Магистрант																			
Подбор и изучение материалов по тематике	НР	6																		
	Магистрант	24																		
Разработка календарного плана	НР	8																		
	Магистрант	1																		
Проведение исследований	НР	7																		
	Магистрант	58																		
Оценка эффективности полученных результатов	НР																			
	Магистрант	16																		
Анализ результатов исследования	НР	2																		
	Магистрант	13																		
Разработка конструкторской документации	НР	2																		
	Магистрант	42																		
Составление пояснительной записки	НР	2																		
	Магистрант	20																		
Сдача НИР	НР																			
	Магистрант	2																		

■ – Научный руководитель (НР)
■ – Магистрант

Приложение Д

Раздел (1)
Extinguishing and localization of forest fires.
Introduction and review of modern systems

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ74	Борисова Анастасия Геннадьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШЭ	Медведев Валерий Васильевич	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы: ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черемисина Харрер И.А.	к.фил.н., доцент		

Introduction

Forests play a big role in the lives of people and animals. The area covered by forest is about 3 billion hectares, and biomass is about 1600 billion tons of dry matter. The impact of the forest on the environment is very high. Forests regulate the flow of water - the intensity of snow melting, equalize the temperature regime (reducing the amplitude of oscillations), purify water and air from various impurities. Also, forests stabilize atmospheric phenomena, reducing wind speed, absorbing or condensing harmful substances and releasing oxygen. It is important to note that forests are also a source of wood and other products necessary for the development of many industries.

The environmental consequences of forest fires are pollution of atmospheric air by carbon dioxide and the products of pyrolysis of forest combustible materials. With forest fires, soot particles consisting of carbon and products of incomplete combustion of wood enter the air. Smoke air leads to the deterioration of the earth's microclimate: an increase in the number of foggy days, a decrease in the transparency of the atmosphere and the resulting decrease in visibility, light, and ultraviolet radiation [1]. And even very small concentrations of certain substances are very dangerous. Forest fires are a source of global environmental, economic and social problems for many countries of the world [2–4].

The elimination of forest fires is accompanied by a number of difficulties [5–7]. Weather conditions have a decisive influence on the process of suppressing the reaction of thermal decomposition of forest combustible materials (FCM) [5]. All FCM can be divided into 3 classes conditionally [8, 9]:

1. Flammable and quick-burning (dry grass, fallen leaves, needles, small branches, twigs, some shrubs, self-seeding, etc.) that contribute to the rapid spread of fire and serve as igniters for slow-burning materials;
2. Slow-burning and combustible forest materials (fodder, stumps, deadwood, lower layers of the forest floor, bushes and trees), contributing to the strengthening and development of burning;
3. Herb plants and mosses, which, due to their high moisture content, inhibit the spread of burning.

Depending on the tree species, the duration of forest fires (burning time on one meter) is different. The times are given in Table 1.1.

Table 1.1 - Burning time of forest fires

Forest	Burning time, min
Coniferous	60–180
Mixed	30–120
Deciduous	30–60

Regardless of the tree species, fires in the rubble can last 12–16 hours; the duration of fires in urban settlements is 3-5 days, rural - up to 12 hours, on the technical position - from one to several days.

Also an important factor is the daily cycle of fire development [10]. Due to fairly frequent droughts, prolonged lack of precipitation, high temperatures for a number of regions of the world (especially in Australia, the USA, Canada, Portugal, Russia and other countries), weather conditions favorable for suppressing combustion are unlikely. As a result, efficient fire extinguishing technologies are required.

Forest fires that pollute the environment cause great damage to the plant and animal world. Due to fires, the conditions for the natural regeneration of forests are sharply deteriorating, they lead to the formation of open air forests and wastelands. Forest fires have a particularly strong effect in the areas of unstable ecosystems. Reduction of food supply, as a result of forest fires, causes migration and reduction in the number of wild animals. Forest fires damage or destroy valuable timber and adversely affect the renewal of resources. Depriving the soil of vegetation cover, they lead to a serious and long-term deterioration of the drainage basin, reducing the value of landscapes. At the same time, wild animals suffer or die, residential buildings and other buildings burn down, and people die.

1 Overview of modern systems of fire localization and extinguishing

The danger of forest fires for people is associated not only with the direct action of fire, but also with changing climatic conditions [11].

When extinguishing forest fires, the following methods and technical means are used:

- fire swirling (churning flame) along the edge of a fire;
- backfilling of the edge of the fire;
- laying of barrier and support mineralized strips and ditches;
- annealing of combustible materials in front of the fire front;
- quenching with water and fire extinguishing solutions
- quenching with the use of technology.

The choice of methods and technical means for extinguishing a fire depends on the type, intensity and speed of the spread of the fire, the environment, the presence of fire extinguishing forces and means, the planned tactics and the time of extinguishing, and the meteorological situation.

Splashing (knocking) a flame on the edge of a fire is used to stop the advancement of fire, usually using a bunch of freshly broken hardwood branches, a small tree cut 1.5-2 m long or other improvised means, such as burlap, rubberized fabric or other matter attached to a stick (Figure 1.1). Knocking down the fire on the edge of the fire with these means is carried out by extinguishing ground fires of low and medium intensity.



Figure 1.1 - Flame overtaking at the edge of a fire [12]

Filling the edge of a fire with a primer is used on light sandy and sandy, weakly sodded soils, when the application of fire overrun is ineffective and fast laying of barrier strips is impossible. To fill the edges with soil, they take the soil with a shovel and throw it on the burning edge with a fan (Figure 1.2).



Figure 1.2 - Filling the edge of the fire [12]

Barrier strips create around a fire or on particularly dangerous areas of its spread. The mineralized soil strip is laid with a width of 0.5 to 3.0 m, and in forest-steppe conditions and in sparse stands - at least 10-15 m. The barrier strips are arranged manually (shovel, ax), using tillage mechanisms (plow, cultivator, ditch digger, bulldozer), solutions of chemical fire-retarding substances or an annealing method (destruction by fire of combustible materials). Localization is carried out simultaneously with extinguishing the edge of the fire. In case of potent fires, when direct extinguishing of the edge is impossible, the barrier line is created at some distance from the front edge of the fire or annealed in the direction of the fire and thereby stop the burning and localization of the forest fire. For full localization, the barrier strip is laid along the perimeter of the edge of the fire, forming a closed loop or individual segments connecting with natural barriers, which ensures the localization of a forest fire and does not allow it to spread beyond the boundary strip.

Annealing is the most effective method used to extinguish high and medium high and medium intensity fires. This method allows you to quickly stop the spread of such fires by small in number forces.

Annealing is started from the boundaries of the forest area (roads, paths, rivers, streams, fire prevention of mineralized strips and other natural or artificially created barriers to the spread of fire), and in the absence of such obstacles near the fire - from the support strips specially laid manually, assistance of tillage tools, explosive materials, chemical solutions and in another way, with a width of 0.3-0.5 m (Figure 1.3).



Figure 1.3 - Fire Annealing [12]

The most effective and common means of extinguishing forest fires is water. It can be used to extinguish grassroots, high (stable) and soil (litter and peat) forest fires, and depending on the type of fire, the conditions in which it spreads, the presence of water and the type of mechanisms used, this method can be solved as a preliminary stop spreading the edge of the fire, and its complete extinguishing.

Water is used from rivers, lakes, streams and other water sources available near a fire, or imported in fire tank trucks, in tanks of special fire-fighting units, in removable tanks of various types and in other tanks.

Extinguishing with the use of equipment is recommended for remote, rapidly spreading forest fires in the areas of forest air protection, as well as fires operating in the areas of the forest fund contaminated with radionuclides.

Tanker planes taking off from land airfields and seaplanes (amphibians) are used, as well as fire tanks (GMP-64 type) equipped with special tanks for collecting,

transporting and draining water and fire extinguishing compositions on the edge of a fire or building a fence line in front of the fire front also helicopters with pouring devices.

Artificial induction of precipitation from clouds is also used to extinguish large fires, the fight against which by conventional means is impossible or ineffective, as well as for extinguishing in remote areas of simultaneously operating small foci, cases of their mass occurrence.

Table 1.2 shows the rates of expenditure of forces and funds for the localization and extinguishing of forest fires listed on the site <http://voenservice.ru>.

Table 1.2 - Norms of expenditure of forces and funds for the localization and extinguishing of forest fires

Types of work and methods of localization (extinguishing) of a fire	Forces and means	Productivity, m / h
The device of barrier strips 8 m wide:		
in a ripe forest	2 bulldozers	500-600 (work with a ledge)
in low forest	2 bulldozers	2000-2200
Expansion of barrier strips within 30-50 m:		
in a ripe forest	2 bulldozers	100-120
in low forest	2 bulldozers	400-500
The device of barrier strips by explosions 10 m wide	25 people + 8 demolition men + (2-3) kg / m BB	100-150
The device of barrier strips with a width of 20 m	100 people + 1 sapper	10-12
Starting the oncoming fire with improvised means	1 person	400-500
Arrangement of barrier strips 8 m wide in a 30 cm thick peatland	2 bulldozers	1000-1100 (work with a ledge)
Fire extinguishing with water	1xARS-12D	30-40
Manual fire extinguishing	10 people	0.1 ha

To protect personnel from burns individual skin protection is applied. Technique periodically watered or covered with a wet tarpaulin.

As the practice shows, to enhance the extinguishing properties of water special chemicals (wetting, fire retardant and fire extinguishing) are used [13]. In recent years, domestic and foreign firms have offered a number of fire extinguishing compositions (mainly wetting and fire retardant) [14]. Fire retardant chemical compounds can increase the viscosity of the extinguishing fluid. The addition of surface-active additives (wetting agents) [14], on the contrary, can significantly reduce the surface tension of water, which increases its spreadability over the surface and promotes crushing into small droplets [15]. Fire extinguishing and fire retardant agents are presented in Table 1.3.

Table 1.3 - Fire extinguishing and fire retardant agents [16]

Extinguishing media	Fire retardant
solid carbon dioxide	halocarbons
foam: chemical, air-mechanical	ethyl bromide
incombustible granular substances: sand, earth, slags, fluxes, graphite, bentonite, bischofite	freons 114V2 и 13V1 4ND; 7; BM, BF-1, BF-2;
fire extinguishing powder formulations	water-ethyl bromide solutions (emulsions)
nitrogen, argon, volatile inhibitors	fire extinguishing powder formulations

Currently, one of the most important areas of technology development in fire-fighting is the intensification of heat exchange of extinguishing fluid with combustion products in the flame zone [17–22]. The traditional approach of droplet grinding when spraying liquids is sprayed has quite few limitations [17–22]. Basically, these restrictions are associated with the discharge from the combustion zone by gas flows (combustion products) small (sizes less than 0.5 mm) droplets. In addition, in real practice, there are cases when drops of extinguishing liquid formulations coagulate during movement through a flame. These effects make it difficult to choose the initial

sizes of droplets and control them in the process of movement in order to intensify their evaporation in the combustion flame zone to absorb fire energy, as well as to displace the oxidizer and the combustion products by the vapor of the extinguishing liquid.

In addition to grinding the droplets, a fairly significant intensification of heat transfer in the flame zone can be achieved by adding specialized impurities and inclusions to extinguishing liquid formulations. In recent years, quite a lot of approaches have been proposed in this direction (for example, [23]). The main emphasis is traditionally placed on increasing the rate of evaporation of a liquid in a flame when such two-phase, multiphase and even heterogeneous gas-vapor drops are introduced into it. The results of experimental and theoretical studies [23–25] give grounds for a hypothesis about the possibility of a substantial intensification of phase transformations when introducing foreign matter and solid opaque inclusions into a typical extinguishing liquid — water, as well as various emulsions based on it.

In this work, experimental studies were carried out with aqueous solutions in which various additives were added in the form of sand, clay, earth, bischofite, bentonite, and graphite (Figure 2.1). These additives were selected on the basis of Table 1.3, as they are non-combustible and in most cases natural. The work recorded the times of quenching of FCM with these solutions. Since some of them dissolve in water, others do not have different methods of water supply.

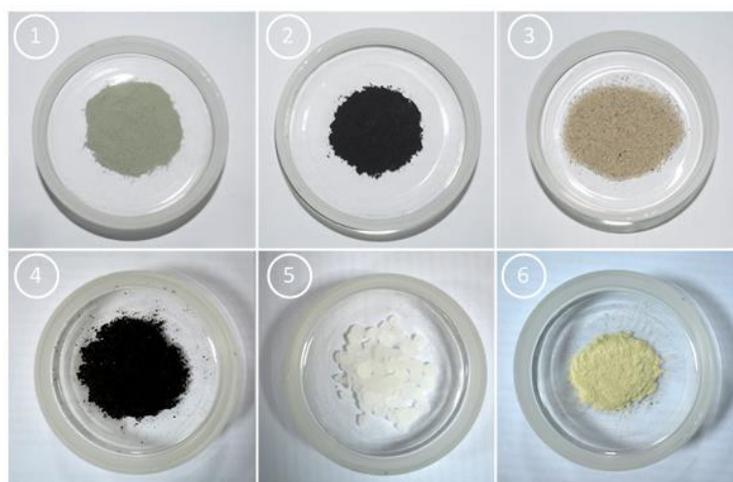


Figure 2.1 - Additives: 1 - clay; 2 - graphite; 3 - sand; 4 - land; 5 - bischofite; 6 – bentonite

The experiments were conducted on model foci. When creating model foci, specialized hollow cylinders of height $h = 80$ mm and diameter d , made of corrugated aluminum (Figure 2.2) were used. The diameter d in the experiments performed varied in the range of 115–185 mm. The cylinders were filled with a mixture of FCM in a mass ratio of components: birch leaves - 25%, pine needles - 15%, branches of deciduous trees and cones - 60%.

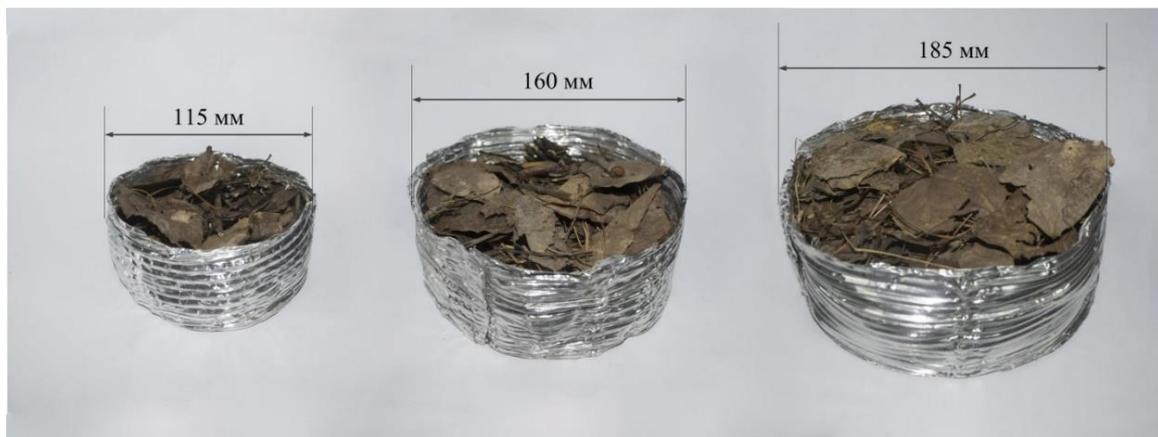


Figure 2.2 - Appearance of the used model foci

When extinguishing a model focus with water 30 seconds after the start of extinguishing, the maximum temperature of the focus becomes lower than 500°C and over the next 60 seconds, it decreases uniformly to a temperature of 100°C .

When extinguishing a model hearth with water with the addition of insoluble additives such as graphite, sand and earth 10–15 s after the start of extinguishing, the maximum temperature of the hearth becomes lower than 500°C and gradually decreases to the next temperature of 100°C .

For the preparation of solutions with the above additives and a certain concentration of these additives on a real object (for example, a fire tank or aircraft) a container is needed in which water will be mixed with insoluble inclusions in order to prevent them from settling at the bottom of the tank and forming lumps. To ensure constant mixing of the mixture and control over its concentration, it is necessary to automate this system, that is, to develop an automated control system.