

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

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Автоматизированная система управления тушением возгораний производственных пылей специализированными огнетушащими составами

УДК 681.5:614.841.413:614.844

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Великоречин Андрей Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Жданова Алена Олеговна	к.ф.м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
	<b>Универсальные компетенции</b>
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
	<b>Общепрофессиональные компетенции</b>
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
<b>Универсальные компетенции</b>	
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП



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

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Атрошенко Ю.К.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Великоречин Андрей Александрович

Тема работы:

Автоматизированная система управления тушением возгораний производственных пылей специализированными огнетушащими составами	
Утверждена приказом директора ИШЭ	10.02.2023, № 41–34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом автоматизации является технологическое оборудование системы пожаротушения складов лесоматериалов. При разработке системы управления использовать современные микропроцессорные технические средства автоматизации.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Описание объекта автоматизации; 2. Разработка структурной схемы; 3. Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации; 4. Разработка монтажной схемы внешних проводов;

	5.Разработка схемы электрической соединений; 6.Разработка общего вида щита управления; 7.Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества системы регулирования; 8.Разработка мнемосхемы АСР; 9.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 10. Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	1.Схема структурная АСР; 2.Схема функциональная АСР; 3.Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4.Схема электрическая соединений; 5.Перечень элементов электрической схемы; 6.Схема монтажная внешних проводок; 7.Общий вид щита управления.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ст. преподаватель ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03.02.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Жданова Алена Олеговна	к.ф.м.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Великоречин Андрей Александрович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 96 страниц, 12 рисунков, 28 таблиц, 57 источников, 13 листов схем и списков выбранного оборудования.

Ключевые слова: система пожаротушения, лесной горючий материал, огнетушащий состав, система автоматизации, микропроцессорный контроллер.

Объектом автоматизации является технологическое оборудование системы пожаротушения склада лесоматериалов.

В рамках ВКР разработаны необходимые схемы для функционирования автоматизированной системы управления пожаротушением. Разработаны структурная, функциональная и монтажная схемы. Выполнено проектирование электрической принципиальной схемы и составлен чертеж щита управления. Определены необходимые приборы и средства автоматизации, а также выполнены расчеты ПИ-регулятора для достижения максимально точного управления.

Применение новейших технологий в области автоматизации и огнетушения позволит создать систему, которая гарантирует максимальную безопасность и эффективность тушения пожаров в любых условиях.

Оглавление	
Введение.....	10
1 Научно-исследовательская работа .....	13
Введение.....	13
1.1 Описание методики исследования .....	14
1.2 Результаты экспериментальных исследований .....	17
1.3 Анализ результатов исследований .....	19
Заключение раздела.....	20
2 Разработка проектной документации.....	21
2.1 Выбор структуры АСУ .....	21
2.2 Проектирование функциональной схемы АСУ .....	24
2.3 Выбор технических средств автоматизации .....	26
2.3.1 Выбор датчика давления .....	27
2.3.2 Выбор датчика расхода .....	28
2.3.3 Выбор комбинированных извещателей.....	29
2.3.4 Выбор ручного пожарного извещателя .....	31
2.3.5 Выбор насосного оборудования .....	32
2.3.6 Выбор исполнительного механизма .....	33
2.3.7 Выбор датчика угарного газа.....	34
2.3.8 Выбор программируемого логического контроллера.....	35
2.4 Разработка монтажной схемы АСУ .....	39
2.5 Разработка принципиальной электрической схемы.....	41
2.6 Разработка общего вида щита управления.....	42
3 Расчет параметров настройки регулятора .....	43
3.1 Идентификация объекта управления .....	43
3.2 Расчет параметров настройки регулятора .....	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	54

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	54
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования ...	54
4.1.2 Матрица SWOT .....	57
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	58
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	58
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	60
4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	64
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	64
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	65
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	67
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей .....	69
4.3.5 Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления) .....	69
4.3.6 Накладные расходы .....	70
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	70
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	71
Выводы по разделу .....	74
Социальная ответственность.....	77
Введение.....	77
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	78
5.1.1 Производственная безопасность .....	81

5.1.2 Отклонение показателей микроклимата.....	81
5.1.3 Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны .....	83
5.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	84
5.1.5 Повышенный уровень шума .....	85
5.1.6 Повышенная напряженность электрического поля.....	85
5.2 Экологическая безопасность .....	86
5.2.1 Воздействие на гидросферу .....	86
5.2.2 Воздействие на атмосферу и литосферу.....	87
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	87
Вывод по разделу .....	88
Заключение .....	89
Список использованных источников .....	90

## **Введение**

Пожар – это чрезвычайная ситуация, которая наиболее распространена в мире, наносящая неизмеримый материальный ущерб и сопровождающаяся гибелью людей. Исходя из данных Центра пожарной статистики на территории России наблюдается завышенный показатель смертей при пожаре по сравнению с остальными странами.

В соответствии с официальной статистикой МЧС России за 12 месяцев 2021 года на территории Российской Федерации было потушено более 390 тысяч пожаров, при этом материальный ущерб составил 16,2 млрд рублей. Главной причиной возникновения пожаров всегда была, есть и будет деятельность человека.

Поэтому необходимо обращать особое внимание на объекты, относящиеся к категории повышенной пожарной опасности, такие как производства газа, нефти, химических веществ, а также предприятия, занимающиеся деревообработкой и другими подобными отраслями. В процессе изготовления, хранения и транспортировки на этих объектах используются вещества, которые могут привести к возникновению пожара или взрыва, поэтому они требуют повышенного внимания и контроля. [1–3].

При хранении лесоматериалов возникает высокая вероятность возгорания, которая обусловлена пожароопасностью материалов и веществ: лесоматериалы, щепа, древесная стружка и пыль. Также источником возгорания может стать технологическое оборудование.

Позднее обнаружение очага пожара ведет к большим материальным потерям, а также к угрозе жизни и здоровью персонала, неблагоприятному воздействию на экологическую ситуацию.

Для снижения риска возникновения и дальнейшего развития пожара целесообразно оборудовать предприятия системами пожаротушения, основанных на автоматических системах. При этом необходимо учесть

техническое оснащение таких систем пожаротушения и определить оптимальный способ тушения.

Несмотря на появление различных средств пожаротушения, вода остается наиболее распространенным, экономически выгодным и доступным средством для тушения пожара [4]. Однако следует рационально подходить к способам тушения, а именно использовать тонкораспыленную воду или водяной туман.

Но у воды, как средства тушения пожара, есть несколько слабых сторон: большое поверхностное натяжение и, следовательно, низкая смачиваемость поверхностей. Поэтому необходимы большие объемы жидкости для успешного тушения возгорания.

Существует множество способов, которые способствуют оптимизации процесса тушения пожара. Из них наиболее эффективным методом является разнообразное использование добавок, которые не только уменьшают расход воды, но и увеличивают эффективность тушения огня [5,6]. Среди них могут быть использованы антипирены, загустители, смачиватели и их комбинации. Сегодняшним лидером на рынке считается применение смачивателей, представляющих собой ПАВы. Они действительно снижают поверхностное натяжение воды и образуют распыленные капли, что повышает степень смачиваемости ЛГМ. Более того, смачиватели формируют на поверхности горючих веществ защитный слой, не допускающий попадание кислорода из атмосферы и, следовательно, снижает развитие пожара.

При выборе оптимального варианта добавок необходимо учитывать класс объекта, его характеристики и горючие вещества, а также экономические аспекты.

Сегодня исследования, посвященные воздействию состава огнетушащих жидкостей на их эффективность в пожаротушении, весьма актуальны [7-13]. Каждый новый эксперимент открывает новые возможности для повышения эффективности системы и совершенствования методов борьбы с огнем. Однако, не все добавки одинаково эффективны. Проведенные

исследования выявили некоторые материалы, которые максимально отличаются по эффективности в повышении качества тушения. Наиболее доступными и простыми в использовании для борьбы с огнем являются поверхностно-активные вещества и эмульгаторы, растворы бишофита и бентонита, порошок ОС-5 и антипирен [11]. При выборе конкретного состава необходимо учитывать характеристики горючих материалов и экономические аспекты.

Одним из важнейших аспектов в обеспечении эффективности тушения пожаров является правильный выбор средств борьбы с огнем, причем определение их эффективности должно происходить индивидуально для каждого типа горючего материала. Однако, техническое приобретение пожаротушащих систем также играет немаловажную роль и определяется соответствующими стандартами и системами пожарной безопасности. В связи с этим, необходимо проводить испытания, направленные на выявление теплофизических характеристик среза лесного горючего материала (ЛГМ) и определение оптимальной огнетушащей смеси для наиболее результативного действия как на ЛГМ. Это позволит сделать правильный выбор параметров и последующее создание на высоком уровне автоматизированной пожаротушащей системы для складов лесоматериалов с образованием производственной пыли.

Общей целью этой работы является разработка решений по созданию АСУ пожаротушения на складе лесоматериалов с последующими экспериментальными исследованиями, направленными на выявление оптимальных характеристик огнетушащих смесей для повышения эффективности пожаротушения на складе лесоматериалов.

# 1 Научно-исследовательская работа

## Введение

При обработке древесины и древесных панелей главной проблемой является образование древесной пыли – опасного отхода, который может легко привести к возгоранию и даже взрыву [14,15]. Чтобы предотвратить подобные происшествия, проанализирована информация об авариях на лесообрабатывающих производствах. Опасность зажигания зависит от свойств древесной пыли, а именно ее дисперсности и породы, а также от окружающей среды – температуры, влажности, потоков воздуха и состояния оборудования.

Одним из главных параметров пожаровзрывоопасности является минимальная температура зажигания для облака и слоя древесной пыли. Основываясь на изученных исследованиях о влиянии факторов, влияющих на повышение минимально необходимой температуры зажигания показало, можно отметить, что привнесение в древесную пыль различных ингибиторов (гидроксид магния,  $\text{SiO}_2$ , полифосфат меламина) при определенной концентрации ведет к резкому повышению температуры зажигания [16,17]. Уменьшение минимальной температуры воспламенения березовой пыли постепенно происходит по мере увеличения массы образца и давления воздуха. Эти результаты позволяют лучше понять и предупредить случаи возгорания древесной пыли в будущем.

Существуют три основные категории огнетушащих веществ [18-23]: смачивающие, огнезадерживающие и тушащие. Каждая категория обладает уникальными свойствами и находит свое применение в зависимости от типа горючих материалов и класса пожара. При выборе оптимальной добавки необходимо учитывать эффективность ее действия, а также экологические и экономические факторы. Профессиональный опыт и результаты

лабораторных и полевых исследований [23] помогают пожарным службам разрабатывать наиболее эффективные составы огнетушащих веществ.

## **1.1 Описание методики исследования**

С целью экспериментального определения достаточного количества огнетушащего состава, необходимого для подавления горения древесной пыли, полученной из березы, растущей на территории Томской области, использовалась экспериментальная установка (рисунок 1.1.1). Размер навески горючего материала  $a_f \times b_f$ : 5x5 см и высота была равна  $c_f = 3$  см. Для точного измерения массы твердого горючего материала использовались электронные весы Acom PC-100W, произведенные в Южной Корее, с погрешностью не более 1 грамма. Для измельчения образцов была применена Pulverisette 14 (быстроходная роторная мельница), которая обеспечивает конечную степень измельчения в диапазоне от 0,08 до 6 мм в зависимости от используемого измельчающего кольца, а также частоту оборотов ротора от 6000 до 20000 оборотов в минуту. Для получения монодисперсного порошка был задействован вибрационный грохот ANALYSETTE 3 SPARTAN, который позволяет рассеивать образцы в течение 3-20 минут в зависимости от требуемой продолжительности отсева и диапазона дисперсности от 0,02 до 63 мм в зависимости от используемых сит. Максимальный размер частиц был не более 200 микрон.

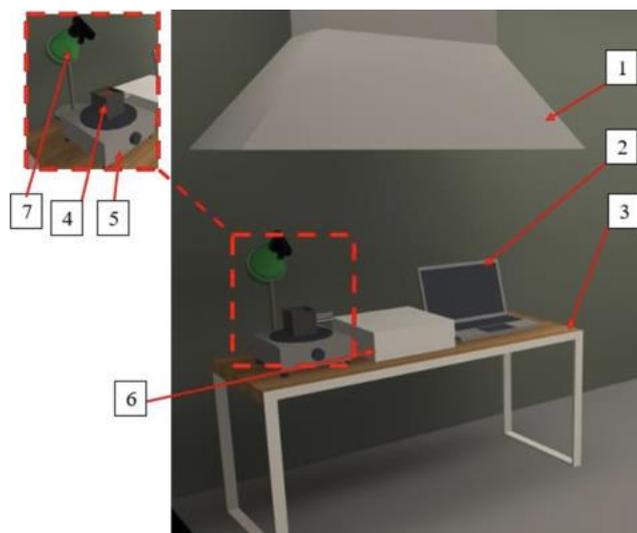


Рисунок 1.1.1 – Экспериментальная установка: 1 – система вытяжки (вытяжной зонт); 2 – ноутбук 3 – лабораторный стол; 4 – форма для пыли с термопарами; 5 – электроплита; 6 – блок аналогового ввода; 7 – система орошения

Для эффективного тушения пожара необходимо выполнение одного из трех условий, которые являются ключевыми в борьбе с огнем: либо остановить доступ кислорода в зону горения, либо снизить температуру до минимально допустимых значений, либо прервать процесс пиролиза горючих материалов. Только при соблюдении этих условий можно достичь успешного и безопасного тушения пожара. Однако наиболее значимым является третье условие, поскольку успешное выполнение первых двух требует времени. В связи с этим, главным фокусом проводимых экспериментов стали основные характеристики пиролиза – температуры в слое горючего материала. Снижение температуры в слое материала до уровня, ниже, чем температура начала пиролиза, является ключевым условием для прекращения пиролиза.

Для проведения экспериментов были определены основные переменные факторы: добавки огнетушащих средств, время импульса (подачи состава на поверхность материала) и продолжительность эксперимента.

Для проведения эксперимента была приготовлена форма с пылью массой 10 г и установлена на электроплите. Три хромель-алюмелевые

термопары типа К, обладающие диапазоном температур  $-50 - 1200$  °С и погрешностью  $\pm 3$  °С, использовались для измерения температуры горючего материала в трех разных сечениях: 5 мм, 15 мм и 25 мм от основания формы. Данные, полученные с термопар, передавались на ноутбук при помощи аналого-цифрового преобразователя MB110 с интерфейсом RS-485 с частотой 1 секунда. Для обработки температурных данных использовалось ПО «Owen process manager». Тушение модельного очага осуществлялось с помощью закрепленного пульверизатора с изменяющимся режимом плотности орошения, а нагрев на электроплите продолжался в течение  $\tau_{if} = 20$  минут до тления материала. Продукты сгорания удалялись с помощью вытяжного зонта для обеспечения безопасности эксперимента.

Для достижения необходимой эффективности, массовые и объемные концентрации химических добавок к воде были выбраны из типичных диапазонов, используемых на практике. Состав жидких композиций базировался на воде массой 400 г, к которой были добавлены активные компоненты в соответствующих количествах: 20 г пенообразователя, 20 г бентонита, 40 г бишофита, 60 г ОС-5 и 80 г концентрата огнетушащего состава "ФР-Лес 01". Масса каждого вещества была измерена с использованием точных весов VIBRA AJ-420CE, производства Японии, с точностью до 0,001 г. В случае жидких составов на основе 400 мл воды, 20 мл антипирена были добавлены в соответствии с объемом мерной колбы (типа 1-50-2, 50 мл по ГОСТ 1770-74) с точностью до 1 мл. Для создания огнетушащих составов с оптимальными массовыми и объемными концентрациями, проводилось тщательное смешивание компонентов в воде в течение 5 минут. В составы были включены следующие компоненты: вода, эмульсия пенообразователя (5%), раствор бишофита (10%), раствор ФР-Лес 01 (20%) и раствор антипирена (5%).

Для предотвращения горения материала был использован специальный состав, который оперировал последовательными импульсами, чтобы подавить процесс разложения. Для обеспечения эффективности тушения была выбрана

оптимальная температура для начала термического разложения пыли - 100 °С. Для достижения цели эксперимента было необходимо и достаточно, чтобы температура в слое модельного фокуса, зарегистрированная каждой термопарой, оставалась ниже температуры начала термического разложения горючего материала. Основные задачи, поставленные для экспериментальных исследований, включали:

1) расчёт наименьшего объема огнетушащих составов ( $V_{fec}$ ), необходимых для подавления огня, помогает бороться с пожарами и предотвращать их развитие в самых различных условиях;

2) вычисление минимального количества впрысков ( $i$ ), которое необходимо для подавления пламени;

3) определение времени, необходимого для снижения температуры навески твердого горючего материала до уровня ниже 100 °С после применения огнетушащего состава ( $\tau_{sb}$ ).

## 1.2 Результаты экспериментальных исследований

Для определения минимально необходимого объема огнетушащих составов проводились экспериментальные исследования, результаты которых представлены в таблице 1.2.1. В процессе этого исследования каждый состав был подвергнут 10 экспериментам для подавления древесной пыли.

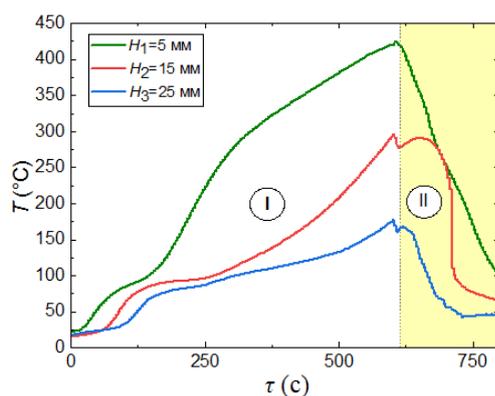
Таблица 1.2.1 – Результаты опытов по определению характеристик процесса ликвидации модельного пожара

Огнетушащий состав	Пыль березовая		
	$i$	$V_{fec}$ , мл	$\tau_{sd}$ , с
Вода	20	13	174
Эмульсия пенообразователя (масс. 5%)	15	9,75	252
Раствор бишофита (масс. 10%)	8	5,2	282
Раствор ФР-Лес 01 (масс. 20%)	8	5,2	413

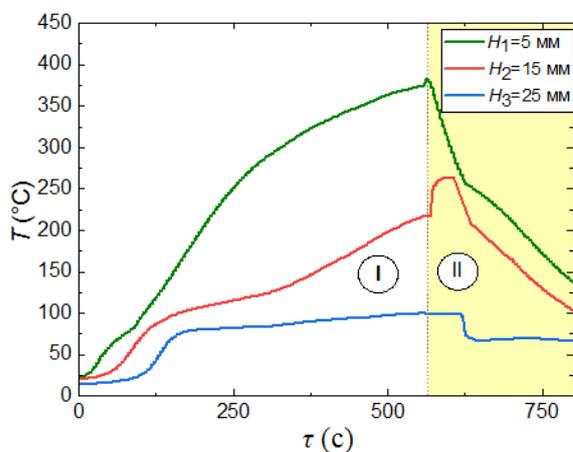
Продолжение таблицы 1.2.1

Раствор антипирена (об. 5%)	6	3,9	452
Огнетушащий состав	Пыль березовая		
	$i$	$V_{\text{fec}}$ , МЛ	$\tau_{\text{sd}}$ , С
Раствор ОС-5 (масс. 15%)	8	5,2	296
Суспензия бентонита (масс. 5%)	6	3,9	287

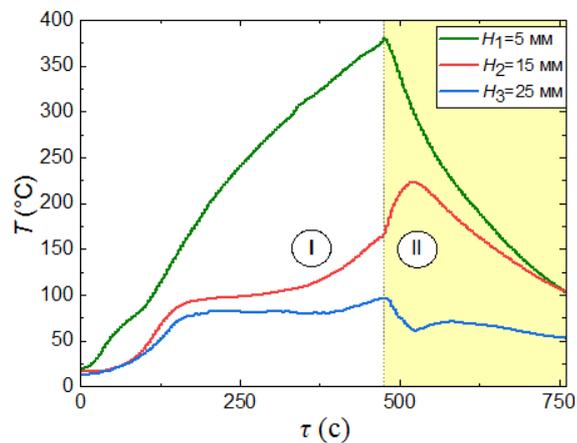
Представленные на рисунке 1.2.1 графики демонстрируют характерные изменения температур в толще слоя березовой пыли в процессе тушения пожара жидкостным аэрозолем. Эти данные позволяют более детально изучить процесс тушения и оптимизировать его параметры для достижения максимальной эффективности.



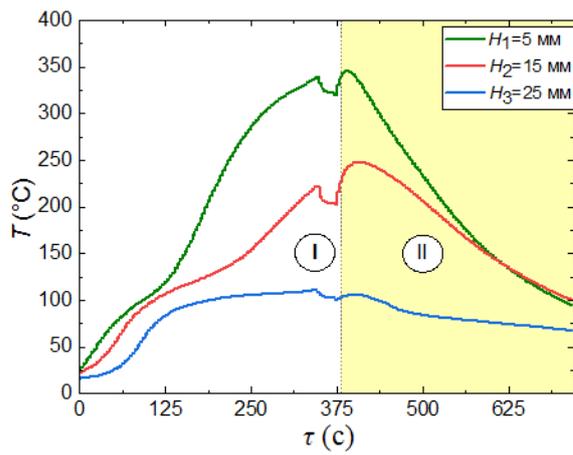
*a*



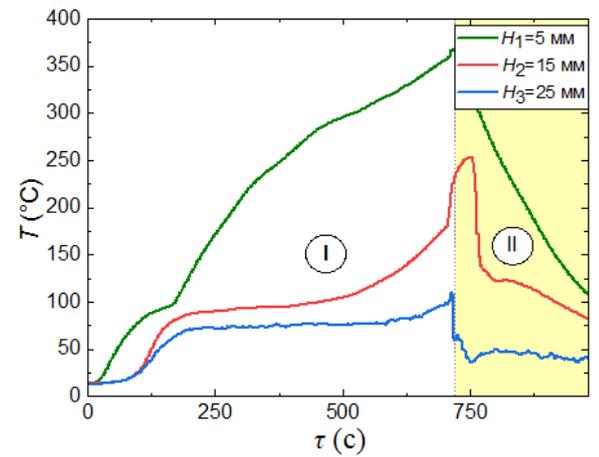
*б*



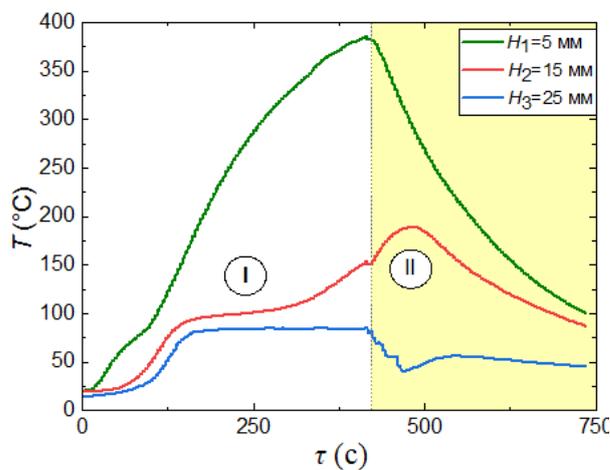
*в*



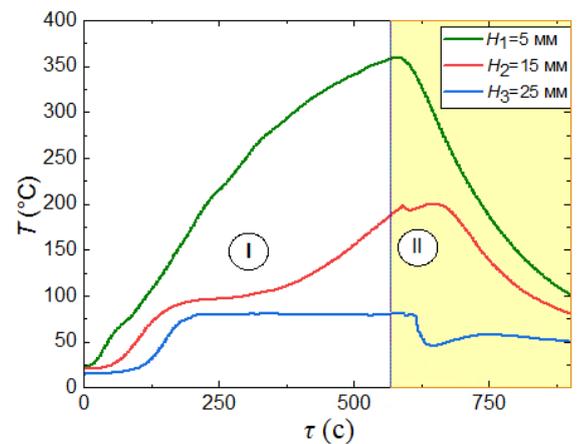
а



б



в



г

Рисунок 1.2.1 – Распределение температур по толщине слоя пыли во времени при тушении очага (I – область до тушения, II – область с тушением): а – водой, б – эмульсией пенообразователя, в – бишофитом, г – ФР-Лес 01, д – антипиреном, е – ОС-5, ж – бентонитом

### 1.3 Анализ результатов исследований

В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что использование воды в качестве огнетушащего состава – наименее эффективный способ тушения. Для того чтобы эффективно справиться с тлением, необходимо использовать значительный объем жидкости ( $V_{\text{fec}} = 13$  мл). Вода, выходя из пульверизатора, охлаждает поверхность очага, создавая на его верхнем слое

тонкий защитный слой жидкости. Это помогает предотвратить проникновение кислорода к месту возгорания и остановить процесс горения.

Эмульсия пенообразователя и ОС-5 является эффективным огнетушащим составом с высокими смачивающими свойствами благодаря наличию поверхностно-активных веществ. Когда температура поверхности очага огня достигает высоких значений, большой объем состава необходим для охлаждения верхнего слоя ниже точки кипения. Благодаря низкому поверхностному натяжению эмульсия проникает глубоко в зону тления, тормозя поток кислорода в центральную часть. Кроме того, состав ОС-5 содержит антипирогены, которые эффективно предотвращают возможность повторного самовозгорания материала.

Изготовленные на основе бишофита, антипирена, ФР-Лес и бентонита составы не только охлаждают верхний слой на начальном этапе, но и блокируют доступ кислорода к фронту тления. Их свойства связывания создают плотный, изолирующий слой на поверхности, который надежно защищает от повторного возгорания. Дополнительно, составы обладают высокой адгезией, что позволяет им удерживаться на поверхности и действовать более эффективно в процессе тушения пожара.

### **Заключение раздела**

Результаты проведенных исследований выявили ключевые закономерности подавления горения модельного пожара, вызванного древесной пылью, с применением новейших огнетушащих добавок. В ходе экспериментов были получены следующие выводы:

– эффективными огнетушащими добавками для тушения древесной пыли являются растворы ОС-5 и бишофита, бентонит, ФР-Леса, антипирен, так как они требуют минимального количества жидкости.

– использование раствора пенообразователя и воды, в свою очередь, требует значительно больших объемов жидкости для эффективного тушения древесной пыли, что может снижать их эффективность в данном случае.

## **2 Разработка проектной документации**

### **2.1 Выбор структуры АСУ**

Объектом автоматизации является система пожаротушения склада лесоматериалов, которая предназначена для автоматизации действий, связанных с высоконадежным выявлением пожара, его быстрой и эффективной локализацией и ликвидацией.

Автоматическая система пожаротушения (АСПТ) – комплекс технических средств, включающий в себя устройства управления и коммуникационные кабельные сети (или устройства беспроводной связи), соединяющие пожарные извещатели. АСПТ предназначена для автоматического обнаружения пожара и немедленного принятия мер по его тушению. Это позволяет избежать как потери движимого и недвижимого имущества, так человеческих жертв. АСПТ являются комплексными инженерными структурами, проектирование, монтаж и эксплуатация которых должна осуществляться в строгом соответствии с действующими нормативами.

АСПТ может работать по различным принципам, в зависимости от типа системы, например, по дыму, температуре, угарному газу или открытому пламени. Это позволяет обеспечить максимальную эффективность и надежность работы системы в любых условиях.

Рассмотрим типовую структурную схему АСУ тушения пожара на складе пиломатериалов.

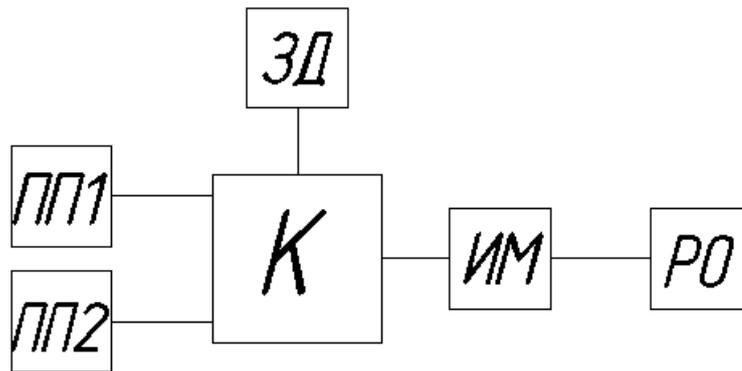


Рисунок 2.1.1 - Типовая структурная схема АСР тушения пожара:  
 ПП1- датчик дыма; ПП2 - извещатель пламени пожарный; ЗД - задатчик; РО -  
 регулирующий орган; К - контроллер; ИМ - исполнительный механизм;

Данная схема встречается в большинстве систем пожаротушения. Пожарные извещатели работают в инфракрасном спектре, формируя на выходах аналоговый сигнал. Этот сигнал поступает на контроллер, который сверяет полученное значение с установленным. При появлении пламени контроллер передает сигнал на открытие форсунки, в которую подается пожаротушащая смесь.

Схожим образом работает датчик по дыму. Он необходим в данной системе по причине того, что не всегда начало пожара сопровождается пламенем. Зачастую на начальном этапе происходит тление с большим выделением дымовых газов.

На рисунке 2.1.2 представлена структурная схема разрабатываемой системы. Основным отличием от представленной ранее является наличие датчиков, регистрирующих содержание угарного газа в воздухе. Контролирование данного параметра необходимо по следующей причине: СО – бесцветный ядовитый газ, не имеющий запаха, поэтому его невозможно выявить с помощью датчика дыма. Концентрация угарного газа в воздухе свыше 0,1% является смертельно опасной для человека.

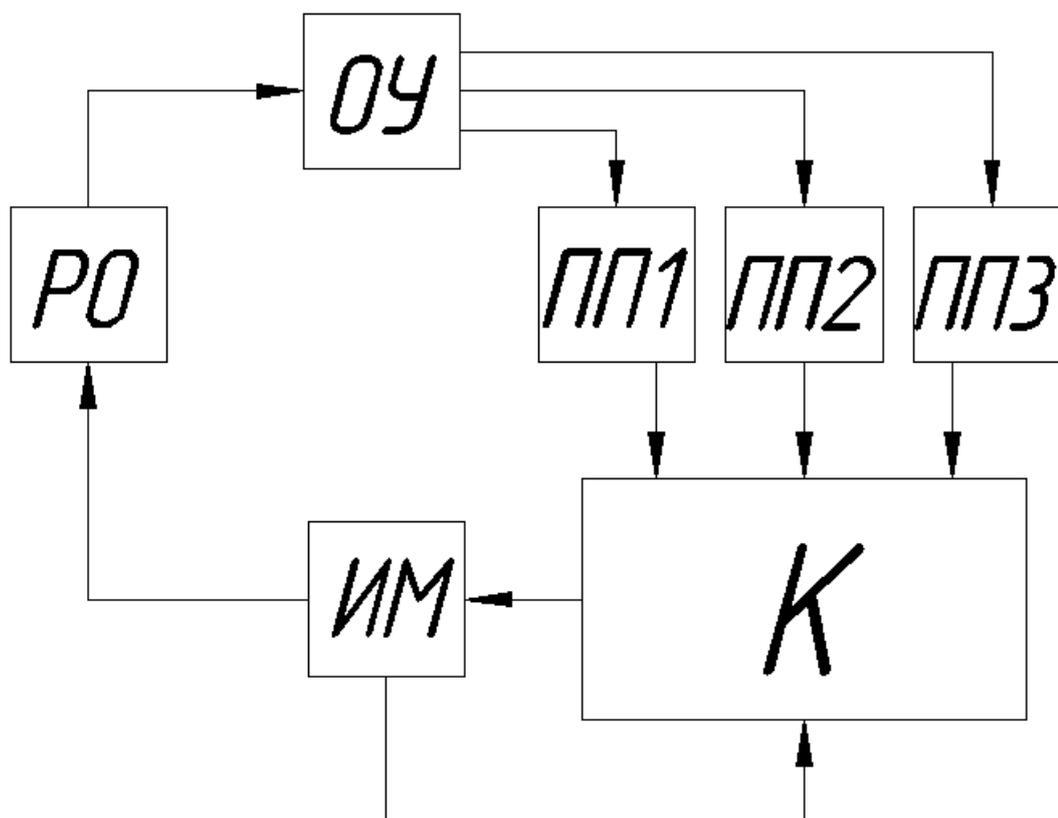


Рисунок 2.1.2 - Типовая структурная схема АСР тушения пожара:  
 ПП1- датчик дыма; ПП2 - извещатель пламени пожарный; ПП3 – датчик СО; К - контроллер; ИМ - исполнительный механизм; РО - регулирующий орган; ОУ- объект управления

Система пожаротушения работает на высокотехнологичном уровне. Она чувствительна к различным видам сигналов, исходящих от датчиков, таких как: сигналы пламени, дыма, угарного газа и ручных извещателей. Контроллер анализирует все эти сигналы и принимает решение о действиях, которые необходимо предпринять. При необходимости контроллер активирует звуковые и световые оповещения, электроклапаны установок или модулей пожаротушения. Всё это происходит в режиме реального времени, что позволяет системе быстро и эффективно реагировать на возможные пожары, а также минимизировать их последствия.

Кроме того, система имеет операторскую панель, которая отображает информацию в виде цветных видеограмм, трендов и графиков тревожных сообщений и предупреждений. Это позволяет оператору быстро оценить

ситуацию и принять необходимые решения. Таким образом, система пожаротушения – комплексное устройство, которое обеспечивает безопасность на высоком уровне и минимизирует риски возникновения пожаров.

Сложность автоматизированной системы управления тушением возгораний производственных пылей несомненна, однако она обладает высокой эффективностью и способна обеспечить максимальную защиту здания и людей от пожара.

На листе ФЮРА.421000.001 С1 представлена структурная схема данной автоматизированной системы управления тушением возгораний производственных пылей.

## **2.2 Проектирование функциональной схемы АСУ**

Функциональная схема – документ, используемый в автоматизации технологических процессов, который содержит подробную информацию о приборах, оборудовании и процессах, выполняющихся в установках или целых комплексах. Благодаря этой схеме можно определить структуру и особенности автоматизированных систем технологических процессов. Ее разработка позволяет более точно и эффективно проводить автоматизацию в производственном процессе.

Функциональная схема технологического оборудования представлена в упрощенной форме в соответствии с ГОСТ 21.403-80, что позволяет легко воспринимать и понимать взаимодействие компонентов технологической цепи и принцип ее работы, что является ключевым фактором в обеспечении эффективной работы и безопасности на объектах.

При разработке системы автоматизации визуализация технологических объектов ограничена использованием регулирующей и запорной арматуры. Каждый компонент автоматизации обладает своим уникальным позиционным

обозначением на функциональной схеме, что безусловно упрощает процесс идентификации компонентов системы и повышает ее оригинальность.

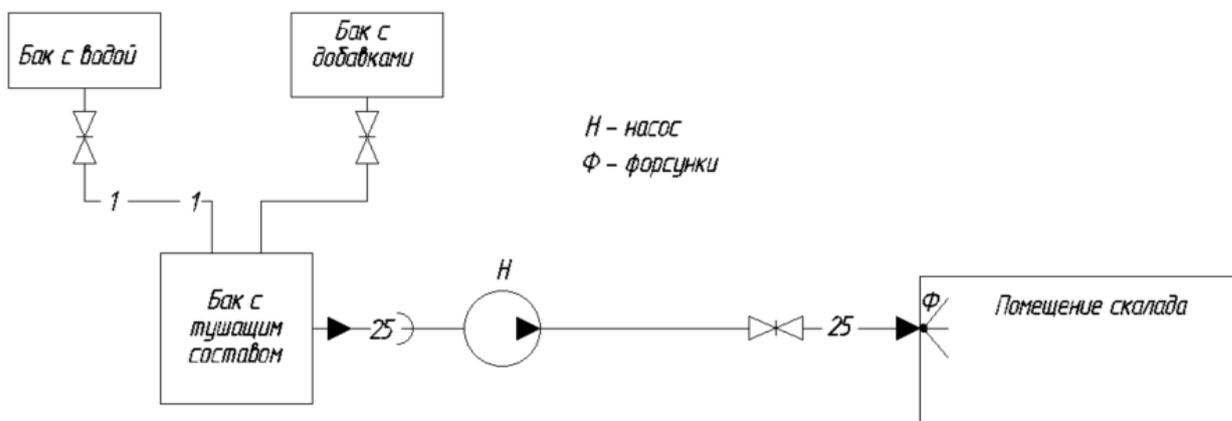


Рисунок 2.2.1 – Технологическая схема

При срабатывании пожарных извещателей подается электрический сигнал на насос и на исполнительный механизм, открывающий задвижку перед форсунками. Из резервуара по пожарному водопроводу через насос на форсунки подается огнетушащий состав.

Регулируемые параметры:

- расход пожаротушащей смеси (не менее 108 000 л/ч);
- давление в трубопроводе (до 2 МПа);
- расход добавок пожаротушащей смеси (10 800 л/ч).

Контролируемые параметры:

- температура в помещении (-30...80 °С);
- концентрация СО в воздухе (0...0,1 ppm);
- значение оптической плотности среды (0,05...0,2 дБ/м).

На чертеже разработанной функциональной схеме АСУ изображено:

– в верхней части – технологическая схема объекта автоматизации  
список условных обозначений;

– по середине – таблица с местом установки технических средств.

FE – чувствительный элемент, установленный на месте, для измерения расхода огнетушащей жидкости.

TQY – комбинированный для измерения температуры и дыма, установленный по месту.

NS – пусковая аппаратура, обеспечивающая управление электродвигателем и выполнение функций, направленных на регулирование положения задвижки и насоса.

PE - чувствительный элемент, установленный на месте, для измерения давления.

QY – чувствительные элементы, установленные на месте, для измерения концентрации CO.

HA – устройство, предназначенное для ручного формирования сигнала тревоги, установленное на месте.

### **2.3 Выбор технических средств автоматизации**

Для гарантированной эффективности и надежности технических средств автоматизации в АСПТ рекомендуется использовать серийные модели с унифицированными сигналами, легкой заменой и легкой эксплуатацией. Выбирая расходомер, следует уделить внимание точности контроля расхода огнетушащего состава, а при выборе насоса - на его надежность и способность обеспечивать непрерывную подачу тушащего состава. Кроме того, выбирались извещатели тепла, которые позволяют осуществлять контроль за температурой в хранилище, а также датчики давления, которые позволяют мерить избыточное давление в пожарном трубопроводе.

Для обеспечения подачи огнетушащей смеси к форсункам, используется программируемый логический контроллер. Таким образом, гарантируется эффективность и надежность АСПТ, используя только лучшие технические решения.

### 2.3.1 Выбор датчика давления

В процессе разработки АСПТ было принято решение, которое значительно повысит ее эффективность - использование современных датчиков давления в трубопроводе противопожарной системы. Для выбора оптимального датчика был проведен комплексный анализ трех вариантов, предоставленных компаниями "Метран" и "Овен" [24-26], с учетом их технических характеристик, указанных в таблице 2.3.1.1.

Таблица 2.3.1.1 – Технические характеристики датчиков давления

Наименование датчиков давления	Датчик избыточного давления Метран-150AG TG	Датчик избыточного давления ПД200-ДИ	Датчик избыточного давления ОВЕН ПД-100
Диапазон температур окружающей среды, °С	-40...+85	-20...+70	-50...+80
Диапазон температур рабочей среды, °С	-40...+120	-40...+100	-40...+110
Диапазон измерения, МПа	0,097...13,8	До 6,0	До 40
Защита от пыли и влаги	IP66	IP65	IP65
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Стоимость, руб	35000	45600	38000

В процессе разработки системы автоматизации для АСПТ проведено исследование рынка датчиков давления и был выбран оптимальный вариант - Метран-150 АС TG. Он обладает не только подходящими характеристиками для системы, но и широким диапазоном рабочих температур, что гарантирует его надежность и долговечность. Кроме того, учитывались финансовые аспекты и выбран датчик с наиболее выгодной ценой, что позволит сэкономить бюджет проекта.

### 2.3.2 Выбор датчика расхода

В разрабатываемой АСПТ необходимо контролировать расход огнетушащей жидкости, учитывать ее вязкость и наличие взвешенных частиц.

При отборе расходомеров для измерения количества огнетушащего состава, протекающего к форсункам, необходимо учитывать различия в принципах действия разных моделей, чтобы обеспечить максимальную точность измерений. Компания "Emerson" представляет расходомер Метран-150RFA, уникальное решение для измерения объемного расхода воды, пара или газа, используя перепад давления. Он оснащен первичным преобразователем - специальной напорной трубкой, обеспечивающей наглядную и точную информацию [27]. Поэтому, при выборе данной модели необходимо учитывать ее специфику и применять ее только в соответствии с ее назначением. Турбинный расходомер Blancett FloClean работает за счет отсчета количества вращений турбины за определенное время, что позволяет определить расход [28]. А крыльчатый расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220 действует иначе: при прохождении жидкости через его корпус лопасти крыльчатки или турбины начинают вращаться, и скорость этого вращения является пропорциональной скорости потока жидкости и, соответственно, ее расходу [29].

Таблица 2.3.2.1– Технические характеристики расходомеров

Наименование расходомеров	Расходомер Метран-150RFA	Турбинный расходомер Blancett FloClean	Крыльчатый расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220
Диапазон температур окружающей среды, °С	-40...+65	-50...+65	- 60...+80

### Продолжение таблицы 2.3.2.1

Наименование расходомеров	Расходомер Метран-150RFA	Турбинный расходомер Blancett FloClean	Крыльчатый расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220
Диапазон температур рабочей среды, °С	-40...315	-100 ... + 149	-40...+150
Диапазон измерения, л/с	0,13...25	0,1...25	0,1...27
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол, RS-232	4...20 мА, HART-протокол	4...20 мА, HART-протокол
Стоимость, руб.	33190	24310	22100

Из представленных моделей был выбран крыльчатый расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220, который является наиболее подходящим решением. Этот датчик обладает унифицированным выходным сигналом, который легко интегрируется в разрабатываемую систему, что позволяет значительно упростить процесс автоматизации. Кроме того, границы измерения расхода выбранного прибора полностью соответствует требованиям проекта, что гарантирует его эффективность и надежность в работе.

### 2.3.3 Выбор комбинированных извещателей

Для обеспечения безопасности на складах лесных материалов необходимо использовать различные типы извещателей, которые могут обнаруживать различные признаки возгорания, такие как задымление или повышение температуры. Однако, из-за того, что на таких объектах может возникнуть как тление с большим количеством дыма и слабым пламенем, так и горение с открытым огнем, предсказать, какой тип извещателя будет эффективен, заранее невозможно. Установка комбинированных извещателей является оптимальным решением в такой ситуации, поскольку они в

состоянии обнаружить как дым, так и повышение температуры в помещении. Это позволяет выявить начальную стадию пожара, а также отследить его дальнейшее развитие.

Рассмотрим несколько типов датчиков: «ИДТ-2» исп. ИП 212/101-18 А3R с максимально-дифференциальным тепловым каналом и ИП 212/101-116.4-А1 РЕДУТ МК ОП АМ Н-Т1/2 адресный общепромышленный [30,31].

Таблица 2.3.3.1 – Технические характеристики комбинированных извещателей

Наименование датчиков	«ИДТ-2» исп. ИП 212/101-18 А3R	ИП 212/101-116.4-А1 РЕДУТ МК ОП АМ Н-Т1/2
Диапазон температур окружающей среды, °С	-40...+60	-60...+135
Время срабатывания (не более), с	15	10
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол, RS-232	4...20 мА, HART-протокол
Защита от пыли и влаги	IP41	IP67
Чувствительность извещателя, дБ/м	0,10...0,20	0,05...0,2
Стоимость, руб.	15396	20424

Для максимальной защиты и безопасности на открытых и закрытых складах, а также на объектах добычи нефти и газа, площадках и рудниках, исходя из представленных вариантов, следует использовать высокотехнологичный комбинированный пожарный извещатель ИП 212/101-116.4-А1 РЕДУТ МК ОП АМ Н-Т1/2, который сочетает в себе надежность, точность и быстрое реагирование на пожарные опасности. Основные преимущества датчика заключаются в диапазоне рабочих температур и времени срабатывания датчика.

### 2.3.4 Выбор ручного пожарного извещателя

При обеспечении безопасности в случае, когда пожар обнаруживается персоналом на месте раньше, чем это сделали автоматические датчики, необходимо включить в разрабатываемую систему ручной пожарный извещатель. Данное устройство позволит сигнализировать об обнаружении возгорания и незамедлительно передаст сигнал тревоги.

Для определения наиболее подходящего ручного пожарного извещателя необходимо учесть множество факторов, таких как условия эксплуатации, характеристики помещения и требования безопасности. В таблице 2.3.4.1 представлены основные характеристики извещателей, которые помогут в выборе [32,33].

Таблица 2.3.4.1 – Технические характеристики ручных пожарных извещателей

Наименование пожарных извещателей	ИПР 513-2 «Агат»	Спектрон-535-Ехi-ИПР-В
Диапазон температур окружающей среды, °С	-30...+50	-60 ... +85
Электрические параметры цепей, коммутируемых контактами извещателя	9...30 В, ток до 65 мА	9...28 В
Ток, потребляемый извещателем в дежурном режиме с индикацией исправности ШС не более, мА	0,1	0,05
Защита от пыли и влаги	IP41	IP68
Маркировка взрывозащиты	–	1ExdIICT6
Стоимость, руб.	4600	4422

Для обеспечения безопасности на промышленных объектах, в том числе на пожаро-взрывоопасных, исходя из значений в таблице 2.3.4.1, следует использовать специализированный ручной пожарный извещатель

Спектрон-535-Ехi-ИПР-В. Этот извещатель обладает высокой степенью защиты и предназначен для использования в экстремальных условиях. В свою очередь, офисный извещатель ИПР 513-2 «Агат» не подходит для таких условий и не обеспечивает необходимую надежность и безопасность.

### 2.3.5 Выбор насосного оборудования

При проектировании автоматизированной системы неотъемлемой частью является насосное оборудование, которое гарантирует необходимую работу устройства и позволяет подавать тушащий состав к распылительным форсункам. Важный момент при выборе соответствующего насоса – его способность справляться с характеристиками вязкости тушащего состава, а также возможность перекачивать жидкости с твердыми включениями. Насосы Абаque, MegaCPK, IR/IR4P/MG2 являются оптимальным выбором для АСПТ, так как они обладают необходимыми характеристиками и стандартными асинхронными электродвигателями [34–36]. В таблице 2.3.5.1 представлено насосное оборудование, которое идеально подходит для данной системы.

Таблица 2.3.5.1 – Технические характеристики насосного оборудования

Наименование насосов	Перистальтический насос Абаque	Консольно-моноблочный насос IR/IR4P/MG2	Центробежный насос MegaCPK
Производительность, м3/час	77	54	<1160
Материал	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь, бронза	Нержавеющая сталь
Тип привода	Электродвигатель	Электродвигатель	Электродвигатель
Перекачка среды с абразивными частицами	Да	Да	Да
Цена, руб.	60960	64595	55600

### Продолжение таблицы 2.3.5.1

Наименование насосов	Перистальтический насос Abaque	Консольно-моноблочный насос IR/IR4P/MG2	Центробежный насос MegaCPK
Максимальное давление, МПа	2	10	2,5

Выбор насоса MegaCPK обоснован не только оптимальностью его максимального давления, но также способностью перекачивать агрессивные, высоковязкие и содержащие абразивные частицы жидкости. Данный насос модели MegaCPK успешно используется для перекачивания нефти, рассолов, а также применяется в системах пожаротушения. Безусловные преимущества этого насоса делают его идеальным инструментом для эффективной работы с самыми различными жидкостями, что делает выбор насоса MegaCPK оптимальным решением.

### 2.3.6 Выбор исполнительного механизма

Для проектируемой системы пожаротушения следует выбрать задвижку чугунную Рашворк 103 Ду50 Ру16 фланцевую с электроприводом в общепромышленном исполнении. Характеристики выбранного оборудования приведены в таблице 2.3.6.1 [37].

Таблица 2.3.6.1 – Технические характеристики задвижки

Наименование параметра	Значение
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Н·м	100
Потребляемая мощность, Вт	250
Напряжение питания, В	380
Наименование параметра	Значение
Блок сигнализации положения	Токовый

### Продолжение таблицы 2.3.6.1

Наименование параметра	Значение
Максимальная частота включения	До 1200 в час при повторном включении до 25 %
Масса, кг	15

Помимо ручного управления, механизм может быть управляем автоматически, что обеспечивает дополнительные возможности для контроля его работы. Благодаря пускателю ПБР, механизм может быть управляем бесконтактно, что обеспечивает эффективность и безопасность его работы. Пускатель ПБР обладает необходимыми функциями, которые позволяют контролировать работу механизма с высокой точностью и надежностью.

### 2.3.7 Выбор датчика угарного газа

Кроме комбинированного датчика в разрабатываемой системе также используется датчик угарного газа. Поскольку использование датчика угарного газа в системе пожаротушения необходимо для обнаружения наличия опасных уровней угарного газа в помещении. Угарный газ является смертельным и невидимым газом, который может накапливаться в здании в результате пожара или утечки газа. При срабатывании датчика угарного газа система пожаротушения может автоматически обеспечить эвакуацию людей из здания и активировать систему пожаротушения, чтобы предотвратить распространение огня и уменьшить риск возгорания.

Рассмотрим характеристики датчиков ИП 417-5 "Эксперт" и РХ2-Е1110, которые разработаны для работы на промышленных объектах, таких как нефтегазовые и нефтехимические заводы, склады раз электростанции, газоперекачивающие станции [38,39].

Таблица 2.3.7.1 – Технические характеристики датчиков угарного газа

Наименование датчиков	ИП 417-5 "Эксперт"	PX2-E1110
Диапазон температур окружающей среды, °С	-10...+55	0...+60
Время срабатывания (не более), с	15	10
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Защита от пыли и влаги	IP55	IP55
Концентрация СО, при которой срабатывает ИП, ppm	25...100	30...100
Стоимость, руб.	7560	8370

Исходя из представленных характеристик датчик угарного газа ИП 417-5 "Эксперт" является наиболее подходящим для разрабатываемой системы пожаротушения.

### 2.3.8 Выбор программируемого логического контроллера

Для обеспечения наивысшей эффективности работы АСПТ требуется применение программного логического контроллера, который является главным элементом управления исполнительными механизмами и приводами насосов. Контроллер должен быть оснащен цифровыми и аналоговыми входами, которые позволяют регистрировать разнообразные параметры, такие как температура, давление, расход и вязкость. Дискретные выходы контроллера обеспечивают контроль над исполнительными механизмами и приводами насосов, а аналоговые входы необходимы для регистрации сигналов от пожарных извещателей и других источников. Для этой задачи идеально подходят контроллеры фирм «ОВЕН», «Siemens» или «ЭлеСи».

Следует рассмотреть ОВЕН ПЛК73, который демонстрирует высокую эффективность в различных отраслях промышленности.

Благодаря широкому спектру технических характеристик, которые можно найти в таблице 2.3.8.1, контроллер ОВЕН ПЛК73 обеспечивает оптимальную работоспособность системы автоматизации технологических процессов [40].

Таблица 2.3.8.1 – Технические характеристики ОВЕН ПЛК73

Наименование ПЛК	Овен ПЛК73
Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор
Напряжение питания, В	90...245 (частотой от 47 до 63 Гц)
Количество аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	8
Поддерживаемые интерфейсы	RS-485, RS-232
Поддерживаемые протоколы	ОВЕН, ModBus RTU, ModBus ASCII

Для обеспечения максимальной эффективности работы системы АСПТ, рекомендуется рассмотреть модульный программируемый контроллер фирмы «Siemens» - SIMATIC S7-300. Этот контроллер имеет модульную конструкцию и позволяет подключать дополнительные датчики для определения очага возгорания. SIMATIC S7-300 – это программируемый контроллер, разработанный специально для автоматизации задач низкой и средней сложности. Комплектация программного контроллера SIMATIC S7-300 включает в себя модуль центрального процессора (CPU), блок питания, сигнальные, коммуникационные, функциональные и интерфейсные модули [41]. Технические характеристики центрального процессора Siemens SIMATIC S7-300 можно найти в таблице 2.3.8.2, которая описывает его возможности в деталях.

Таблица 2.3.8.2 – Технические характеристики CPU 312

Наименование	CPU 312
Рабочая память, Кб	32
Время выполнения: логических операций, операций с фиксированной точкой, операций с плавающей точкой	0,1 0,32 1,1
Количество каналов вводов – вывода, дискретных/аналоговых, не более	256/64
Языки программирования	STEP 7 (LAD, FBD, STL), S7-SCL, S7-GRAPH
Напряжение питания, В	24
Стоимость, руб	17340

Для обеспечения высокой функциональности и эффективности системы автоматизации, рекомендуется использовать контроллер "ЭЛСИ-ТМК" от компании "ЭлеСи". Это устройство имеет простую расширяемость и возможность подключения дополнительных модулей удаленного ввода-вывода, что позволяет легко увеличить количество обрабатываемых сигналов.

Было доказано, что контроллер надежен и эффективен при управлении различными системами, такими как управление эскалаторами, компрессорными установками и инженерными системами зданий. Кроме того, он широко используется для автоматизации пожаротушения. В таблице 2.3.8.3 можно ознакомиться с техническими характеристиками контроллера ЭЛСИ-ТМК.

Таблица 2.3.8.3 – Технические характеристики контроллера ЭЛСИ-ТМК

Параметры	Характеристики
Процессор	
Тип процессора	(ARM Cortex-A8)
Токовая частота, МГц	300

Продолжение таблицы 2.3.8.3

Параметры	Характеристики
Память	
Объём оперативной памяти RAM, Мб	256
Объём flash-памяти, Мб	256
Объём энергозависимой памяти, Кб	128
Встроенные коммуникации	
Кол-во портов Ethernet, шт	1
Интерфейс RS-232, (количество каналов)	1
Интерфейс USB 2.0, (количество каналов)	1
Поддержка модулей ввода/вывода	
Количество поддерживаемых модулей ввода/вывода	10
Количество каналов	
ввода/вывода (дискретных)	до 640 (модули на 16, 32 и 64 канала)
ввода/вывода (аналоговых)	до 240 (модули на 2, 4, 16 и 24 канала)

Изучив предложения на рынке, можно с уверенностью утверждать, что контроллер ЭЛСИ-ТМК от компании "ЭлеСи" является лучшим выбором. Высокая функциональность и выгодная цена делают этот контроллер идеальным решением для воплощения любых задумок. Для достижения максимальной эффективности и максимального результата рекомендуем дополнительно установить модули ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, процессорный модуль, модуль питания и интерфейсный модуль. Эта совершенная система пожаротушения гарантирует безопасность в случае пожара. Приоритетные модели под номером ФЮРА.421000.001. представлены на листе доступных продуктов.

## 2.4 Разработка монтажной схемы АСУ

Схема соединений внешних проводов представляет собой важную систему, которая отображает взаимодействие различных приборов и средств автоматизации на технологическом оборудовании. Она является ключевым элементом для обеспечения безопасности и эффективности работы всей системы автоматизации. Гарантия бесперебойной работы оборудования и предотвращения возможных аварийных ситуаций обеспечивается правильным подключением проводов к приборам и щитам. Поэтому, понимание схемы соединений внешних проводов является необходимым условием для успешного проектирования и эксплуатации технологического оборудования.

Монтажная схема АСУ пожаротушения на складах лесоматериалов изображена на листе с шифром ФЮРА.421000.001 С5.

На монтажной схеме можно выделить несколько частей: силовой щит в верхней части и щит управления с клеммными блоками ХТ0-ХТ012 в нижней. В левой части фиксируются внешние соединения датчиков, а на правой - исполнительные механизмы и пускатели. Важно отметить, что при создании всех соединений использовались только изолированные провода. Также в цепях измерения, управления и питания были применены провода и кабели с медными жилами, которые обладают высокой надежностью и безопасностью. Кроме того, специальная маркировка кабелей позволяет определить тип, количество и сечение жил, а также длину.

Все провода и кабели были выбраны в соответствии с указаниями РМ4-6-84, которые содержат все необходимые нормы и требования для проектирования электрических и трубных проводок систем автоматизации. Подбор кабелей осуществлялся в зависимости от количества жил и размера сечения. В схеме соединений внешних проводов использовались только два вида кабеля, что способствует удобству и надежности соединений.

Для обеспечения безопасности и эффективности работы щита силового управления, выберем кабели ВВГ - огнестойкие кабели с повышенным уровнем защиты. Они предназначены для передачи и распределения электрического тока от источника к стационарным промышленным установкам, включая системы пожаротушения и безопасности в местах массового скопления людей. Кабели ВВГ обладают устойчивостью к механическим повреждениям и обеспечивают максимальное переменное напряжение до 660 В, постоянное напряжение до 1000 В и частоту в 50 Гц. Прокладываются в кабельных туннелях, каналах и внутри помещений, обеспечивая надежное соединение с электроприборами и аппаратами различного типа.

На монтажной схеме для каждого кабеля прописано число жил, сечение кабеля и длина.

Таблица 2.4.1 – Кабели, использованные в схеме

Номер измерительного канала	Наименование кабеля
1-70, 72-75, 77-80, 82-85, 87, 88	КВВГ
0,71,76,81,86	ВВГ

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

Для обеспечения надежности и эффективности работы комбинированных пожарных извещателей и датчиков угарного газа, выбираются соединительные клеммные коробки КС-16 УХЛ-1,5 и КС-10 УХЛ-1,5 с IP65 защитой от влаги и пыли. Каждая клеммная коробка оснащена 16 или 10 клеммами в соответствии с названием. Сечение жил до 4 мм<sup>2</sup> обеспечивает надежное соединение с клиновыми задвижками и пускателями. Таким образом, гарантируется высокий уровень безопасности и защиты от пожара.

На чертеже в верхней левой части находится таблица, содержащая информацию о параметрах, местах отбора импульсов и позициях датчиков. Для удобства восприятия схемы, под каждой позицией датчиков указаны соответствующие обозначения датчиков температуры и концентрации дыма, давления, расхода, концентрации угарного газа и ручной пожарной извещатель. Таким образом, система будет обеспечивать непрерывный мониторинг параметров и своевременное обнаружение любых отклонений, что гарантирует высокий уровень безопасности и защиты от пожара.

## **2.5 Разработка принципиальной электрической схемы**

Графическая схема электрических соединений является важным инструментом, который наглядно демонстрирует все компоненты и элементы, включенные в данную схему, а также четко изображает соединения между ними. Устройства изображены в форме прямоугольников, а элементы - в виде условных графических обозначений, соответствующих всем необходимым международным стандартам ЕСКД. Каждый элемент обозначен соответствующими маркировками и выводами, чтобы обеспечить легкость в использовании и понимании. Кабеля, провода и жгуты также пронумерованы, что помогает быстро и легко определить, какой кабель или провод соединяет какие устройства. Схема также включает развернутые изображения элементов технических средств, чтобы обеспечить максимальную ясность и понимание.

Электрическая схема АСУ пожаротушения на складах лесоматериалов приведена на пяти листах с шифром ФЮРА.421000.0010Э4. Перечень элементов электрической схемы представлен на листах с шифром ФЮРА.421000.001 ПЭЗ.

На первом листе изображена электрическая схема, которая обеспечивает эффективное питание щита управления и поддерживает комфортный микроклимат. Подсистема электрического питания включает в себя надежный автоматический выключатель (QF1), который обеспечивает

защиту цепи питания, а также щитовую розетку (XS1), которую можно использовать для подключения электрического инструмента малой мощности во время профилактических и ремонтных работ. Блоки зажимов (XT0, XT8...XT10) предназначены для соединения кабелей, а устройство защиты от перенапряжений (Z01) обеспечивает защиту устройств от перенапряжений при протекании через сеть импульсов тока. Кроме того, модуль питания (G1) обеспечивает эффективное питание устройств напряжением 24 В.

Подсистема микроклимата включает в себя концевой выключатель (SQ1), который предназначен для замыкания и размыкания рабочей цепи, осветительный прибор (EL1), который обеспечивает яркое освещение, реле контроля температуры (KK1), которое контролирует температуру в шкафу управления, и фильтрующий вентилятор (M1), который нагнетает холодный воздух для поддержания комфортного микроклимата.

Аналоговая подсистема ввода изображена на листе. Она показывает соединение комбинированных датчиков и датчиков давления и расхода огнетушащего состава, а также соединение ручных ИП.

Дискретная подсистема ввода-выводы сигналов изображена на листах 3-5, на ней изображена схема подключения датчиков угарного газа, пускателей и задвижек, а также насосного оборудования к модулю контроллера.

## **2.6 Разработка общего вида щита управления**

Общий вид щита управления демонстрирует взаимное расположение всех элементов, входящих в щит. Общий вид щита управления и перечень элементов, входящих в его состав, представлены на листе с шифром ФЮРА.421000.021 ВО.

Шкаф выбирается исходя из объема технических средств, входящих в шкаф, и их количества. Выберем распределительный навесной шкаф АХ фирмы “Rittal” размером 600x1200x400 мм.

Как правило, оборудование, обеспечивающее питание и освещение, располагают в верхней части шкафа. В средней части находятся разделительные преобразователи и реле. В нижней части – блоки зажимов.

Оборудование размещается на DIN–рейке NS 35/4,5 ZN UNPERF. Прокладка соединений предусмотрена в закрытых коробах.

На двери шкафа размещены вентилятор и ручка.

### **3 Расчет параметров настройки регулятора**

#### **3.1 Идентификация объекта управления**

Идентификация — это наука о том, как создавать математические модели динамических систем на основе наблюдений. Математическая модель позволяет описать поведение системы или процесса во времени и прогнозировать его будущее состояние. Существует два подхода к идентификации: активный и пассивный.

Активная идентификация предполагает вывод объекта исследования из равновесного состояния путем подачи на его входы специальных сигналов. Этот метод позволяет получить более точные и надежные результаты, так как позволяет учитывать влияние внешних факторов на систему.

Пассивная идентификация, в свою очередь, основывается на анализе данных, полученных из системы без вмешательства в нее. Этот метод часто используется в случаях, когда активная идентификация невозможна или нежелательна.

В начальной фазе разработки динамической системы создается ключевой элемент - кривая разгона, основанная на математической модели, которая отражает изменение расхода огнетушащего состава в трубопроводе. Кривая разгона формируется путем введения скачка на входе объекта с помощью регулирующего органа, что приводит к изменению положения на 10%. Таким образом, происходит изменение расхода смеси, что является

выходной величиной объекта. Использование данного метода в исследовании для получения кривой разгона значительно повышает ее эффективность.

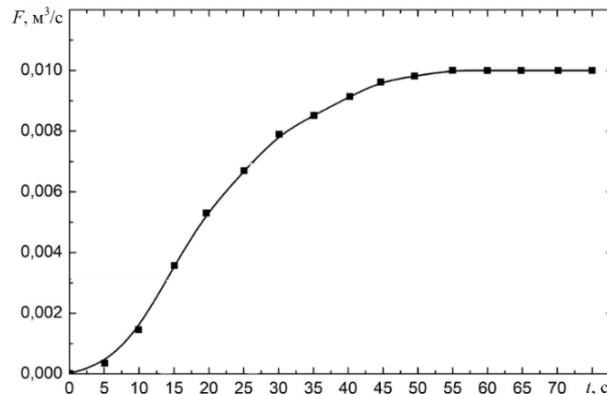


Рисунок 3.1.1 – Кривая разгона объекта управления:  $t$  – время,  $F$  – расход

В процессе проектирования динамической системы необходимо уделить особое внимание определению динамических параметров объекта, таких как постоянная времени  $T$ , запаздывание  $\tau$  и коэффициент передачи  $k$ , основываясь на полученной переходной характеристике. Определение этих параметров позволяет составить передаточную функцию кривой, которая является апериодическим звеном с запаздыванием и показана на рисунке 3.1.1. Критически важный шаг в процессе проектирования, он дает возможность точно настроить параметры объекта и достичь максимальной эффективности работы системы, существенно улучшая ее производительность и оптимизируя работу.

Передаточная функция:

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

где  $k$  – коэффициент усиления;  $P$  – оператор Лапласа;  $\tau$  – время запаздывания;  $T$  – постоянная времени.

При нулевых начальных условиях решение выше написанного уравнения имеет следующим вид:

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

В системе есть два неизвестных значения, это время запаздывания и постоянная времени.

Коэффициент усиления определяется по формуле:

$$k = \frac{h(T_y)}{A},$$

где  $A$  – выходное воздействие при единичном воздействии  $k = h(T_y)$ .

Время чистого запаздывания можно заранее выделить из  $h(t)$ .

Неизвестные значения на кривой разгона определяются при помощи построения двух точек – А и Б, где точка А – будет равна  $0,33k$ , а точка Б по оси ординат равна  $0,7k$ . По формулам можно определить постоянную времени  $T$  и время запаздывания  $\tau$ :

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

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

где  $t_a$  и  $t_b$  – значения времени при соответствующих точках на кривой;  $h_A$  и  $h_B$  – значения по оси ординат при точках А и Б соответственно.

На следующем этапе необходимо определить расположение точек А и Б на кривой и найти неизвестные параметры.

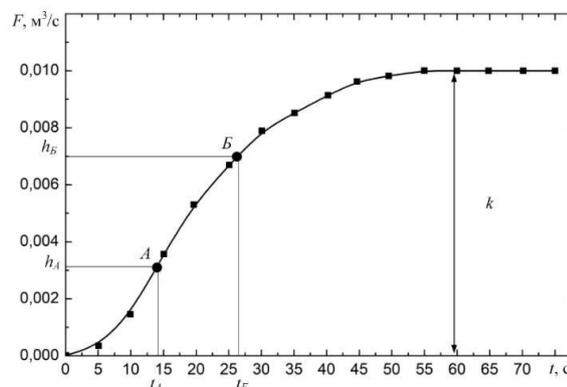


Рисунок 3.1.2 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора:  $t$  – время,  $F$  – расход

После нужно сделать аппроксимацию кривой, используя метод Орманна, а вычисление постоянной времени  $T$  и запаздывания  $\tau$  произвести по формулам:

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

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 13,5 - 25,9) = 7,3,$$

$$T = 1,25(25,9 - 13,5) = 15,5.$$

Полученная передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{0,01}{(15,5P+1)} e^{-7,3r}.$$

### 3.2 Расчет параметров настройки регулятора

После определения динамических параметров объекта нужно перейти к расчету настроек регулятора, чтобы достичь оптимальной работы системы. В данном расчете необходимо удовлетворять требование степени затухания переходного процесса, равной  $\psi = 0,8$ , которая обусловлена высокими требованиями к надежности и безопасности системы. Это позволяет определить наилучшие настройки, при которых результат регулирующего воздействия будет соответствовать заданным требованиям.

На рисунке 3.2.1 изображена структурная схема системы регулирования.

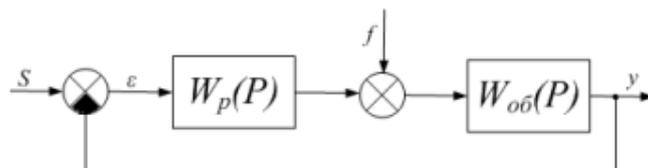


Рисунок 3.2.1 – Структурная схема системы регулирования

На первом этапе определим значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1 - 0,8) = 0,256.$$

Рассчитанные значения расширенных частотных характеристик объекта представлены в таблице 3.2.1. Диапазон частот был выбран от 0 до 0,143 с<sup>-1</sup> и шаг по частоте был равен 0,005 с<sup>-1</sup>.

Таблица 3.2.1 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0	0.01	0	0.01
0,005	0.0102	-0.0012	0.0103
0,01	0.0102	-0.0024	0.0105
0,015	0.01	-0.0037	0.0106
0,02	0.0095	-0.0048	0.0107
0,025	0.0089	-0.0059	0.0107
0,03	0.0081	-0.0069	0.0106
0,035	0.0072	-0.0077	0.0105
0,04	0.0062	-0.0082	0.0103
0,045	0.0052	-0.0087	0.0101
0,05	0.0042	-0.0089	0.0098
0,055	0.0032	-0.009	0.0096
0,06	0.0023	-0.009	0.0093
0,065	0.0014	-0.0089	0.009
0,07	0.0007	-0.0087	0.0087
0,075	0	-0.0085	0.0085
0,08	-0.0007	-0.0082	0.0082
0,085	-0.0012	-0.0079	0.0079
0,09	-0.0017	-0.0075	0.0077
0,095	-0.0022	-0.0072	0.0075
0,1	-0.0025	-0.0068	0.0072
0,105	-0.0029	-0.0064	0.007
0,11	-0.0032	-0.0061	0.0068

Продолжение таблицы 3.2.1

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0,115	-0.0034	-0.0057	0.0067
0,12	-0.0037	-0.0053	0.0065
0,125	-0.0039	-0.005	0.0063
0,13	-0.004	-0.0047	0.0062
0,135	-0.0042	-0.0043	0.006
0,14	-0.0043	-0.004	0.0059
0,143	-0.0044	-0.0038	0.0058

В таблице 3.2.2 приведены значения параметров ПИ-регулятора.

Таблица 3.2.2 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p$	$K_p/T_i$
0	0	-100
0,005	0.0598	-93.8882
0,01	0.2349	-87.2494
0,015	0.5189	-80.1188
0,02	0.9046	-72.532
0,025	1,3844	-64.5248
0,03	1,9503	-56.1333
0,035	2,5938	-47.3939
0,04	3,3062	-38.3431
0,045	4.0785	-29.0172
0,05	4,9013	-19.4526
0,055	5,7651	-9.6854
0,06	6,6601	0.2482
0,065	7,5767	окт.27
0,07	8,5048	20.4728
0,075	9,4347	30.6937
0,08	10,3563	40.9409
0,085	11,2598	51.1808
0,09	12.1354	61.3803

Продолжение таблицы 3.2.2

$\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p$	$K_p/T_i$
0,095	12,9736	71.507
0,1	13,7649	81.5293
0,105	14,5000	91.4163
0,11	15,1698	101.1382
$\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p$	$K_p/T_i$
0,115	15,7657	110.6659
0,12	16,2279	119.9714
0,125	16,7024	129.0277
0,13	17,0273	137.8089
0,135	17.2468	146.29
0,14	17.3539	154.4473
0,143	17,3615	159,1768

Для создания наглядной и уникальной визуализации результатов, полученных из таблицы 3.2.2, был сформирован график, отображающий зависимость коэффициента усиления  $K_p$  и постоянной времени  $T_i$  от коэффициента затухания  $K_p$  (см. рисунок 3.2.2). Данная кривая отражает степень затухания процесса регулирования и является ключевым элементом для достижения требуемой степени затухания.

Значения, расположенные на кривой, обеспечивают необходимую степень затухания, в то время как значения в области, ограниченной кривой и осями координат, обеспечивают еще более высокую степень затухания. Значения, не вошедшие в данную область, гарантируют процесс регулирования с меньшей степенью затухания. Таким образом, график отображает важную информацию для оптимизации процесса регулирования и повышения его эффективности.

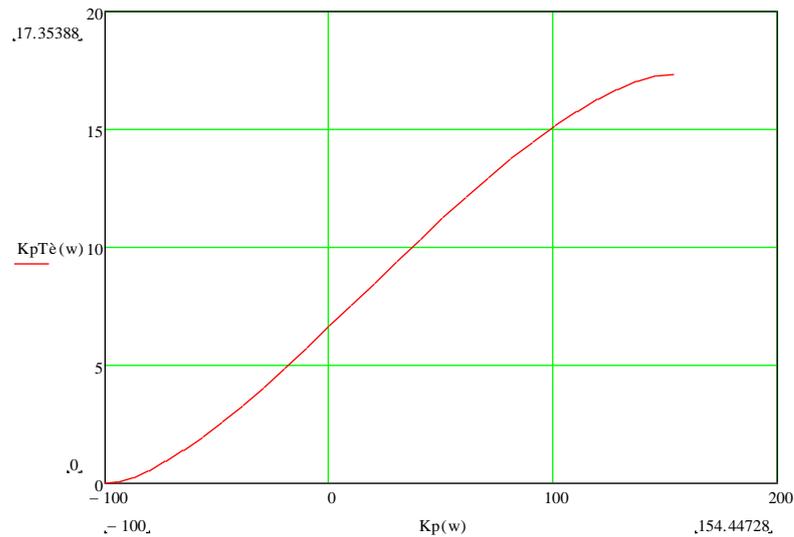


Рисунок 3.2.2 – Параметры настройки ПИ–регулятора

Найти оптимальное значение настройки регулятора можно, используя второй интегральный критерий качества:  $k_p = 159,18, T_{\text{и}} = 9,17$ .

Далее необходимо провести оценку качества полученного переходного процесса в замкнутой системе по каналу регулирующего воздействия:

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

где  $W_p(P)$  – передаточная функция регулятора;  $W_{\text{об}}(P)$  – 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 3.2.3 представлен график вещественной частотной характеристики.

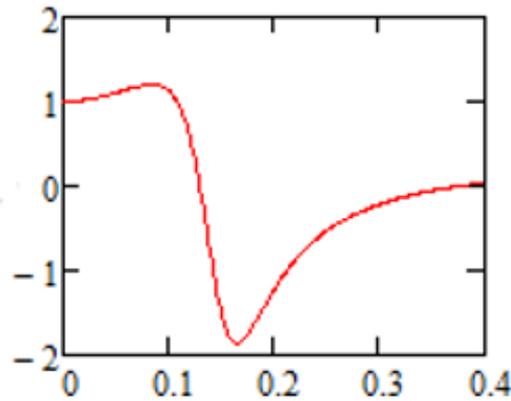


Рисунок 3.2.3 – График ВЧХ системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

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

где  $Re(\omega)$  – вещественная частотная характеристика системы;  $\omega$  – частота;  $t$  – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором вещественная частотная характеристика системы стремится к 0. Из рисунка 3.2.3 определяем это значение.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,4} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega,$$

На рисунке 3.2.4 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.

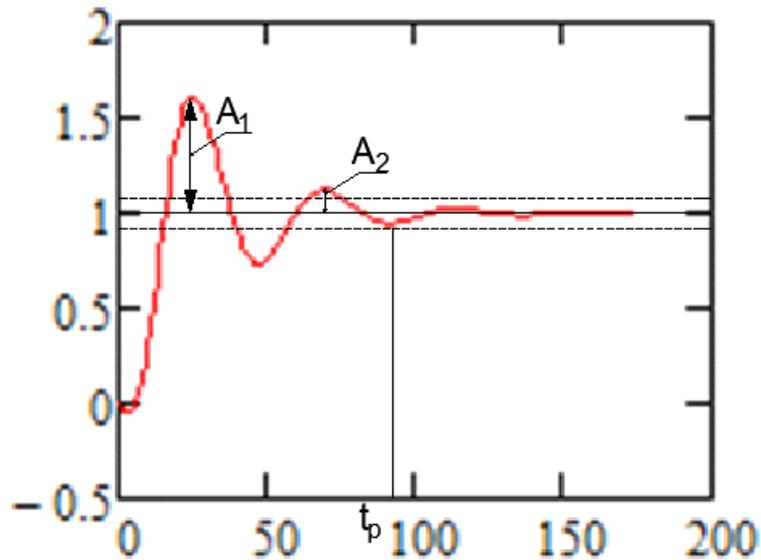


Рисунок 3.2.4 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

Прямые оценки качества:

1) максимальная динамическая ошибка:  $A_1 = 0,604$ ;

2) перерегулирование:  $\sigma = \frac{A}{y(\infty)} \cdot 100 = \frac{0,60}{1} \cdot 100 = 60,4$ ;

3) степень затухания переходного процесса:  $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,118}{0,604} =$

0,805,

где  $A_2 = 0,118$  – второй максимальный выброс регулируемой величины;

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

5) время регулирования:  $t_p = 95$  с, при величине  $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) =$

0,05.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б93	Великоречин Андрей Александрович

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

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- норма амортизации –10-20% - накладные расходы – 20%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Общий режим налогообложения. Тариф страховых взносов – 30%</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Анализ потенциальных потребителей, конкурентных технических решений, проведение SWOT-анализа.</i>
2. Планирование и формирование бюджета	<i>Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Формирование бюджета затрат проекта.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	<i>Расчет показателей сравнительной эффективности проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б93	Великоречин Андрей Александрович		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование и формирование бюджета;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

С целью реализации полученных в ходе исследований данных проводится анализ конкурирующих разработок, имеющихся в данный момент на рынке автоматических систем пожаротушения. Полученные знания используются для корректировки уже имеющихся результатов и поиска новых технологических решений, что в конечном счете позволяет определить вектор дальнейшего развития.

При проведении научных исследований были рассмотрены различные составы, используемые при пожаротушении на складе лесных горючих материалов. Рассмотрим три состава:

- 1) Раствор на основе воды, имеющий в составе бишофит (Б<sub>1</sub>);
- 2) Раствор на основе воды, имеющий в составе ФР-Лес 01 (Б<sub>2</sub>);
- 3) Раствор на основе воды, имеющий в составе АFFF (Б<sub>3</sub>).

Также необходимо провести анализ составов, который покажет достоинства и недостатки каждого из них. Для этого таблице 4.1.1.1 приведены данные о сравнении трех растворов с точки зрения технических и экономических критериев эффективности.

Таблица 4.1.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,13	4	4	4	0,52	0,52	0,52
Экологичность	0,12	5	4	5	0,65	0,52	0,65
Возможность применения технологии на производстве	0,13	4	4	5	0,52	0,52	0,65
Удобство эксплуатации	0,10	5	5	5	0,65	0,65	0,65
Актуальность исследования	0,15	5	5	3	0,65	0,65	0,39
Качество регулирования	0,10	5	5	4	0,65	0,65	0,52
Эффективность применения	0,10	5	4	3	0,65	0,52	0,39

Продолжение таблицы 4.1.1.1

Экономические критерии оценки эффективности							
Стоимость обслуживания	0,05	5	5	4	0,65	0,65	0,52
Срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,52	0,52	0,52
Цена	0,05	3	3	4	0,39	0,39	0,52
<b>Итого</b>	1	45	43	41	5,85	5,59	5,33

Анализ конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $Б_i$  – балл -го показателя.

$$\begin{aligned} K_1 &= \sum B_i \cdot Б_i = \\ &= 0,13 \cdot 4 + 0,12 \cdot 5 + 0,13 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \\ &\cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,07 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 = 4,57, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= \sum B_i \cdot Б_i = \\ &= 0,13 \cdot 4 + 0,12 \cdot 4 + 0,13 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \\ &\cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,07 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 = 4,35, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_3 &= \sum B_i \cdot Б_i = \\ &= 0,13 \cdot 4 + 0,12 \cdot 5 + 0,13 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \\ &\cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 4,10. \end{aligned}$$

На основе полученных вычислений можно сделать вывод, что технические решения, полученные в ходе исследовательской работы, являются перспективными в сравнении с существующими аналогами.

## 4.1.2 Матрица SWOT

Под матрицей SWOT, где (S – Strengths/сильные стороны, W — Weaknesses/ слабые стороны, O — Opportunities/возможности, T — Threats/угрозы), понимается бизнес-схема, которая способствует оценке широкого спектра внутренних и внешних факторов, влияющих на успех и развитие компании.

Результаты матрицы SWOT приведены в таблице 4.1.2.1.

Таблица 4.1.2.1 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Высокая экологичность системы С2. Большой срок эксплуатации С3. Низкая стоимость сырья	Слабые стороны проекта: Сл1. Требуется специалисты с профильным образованием Сл2. Необходимость подготовки смеси к распылению
<b>Возможности</b> В1. Повышенный спрос на средства пожаротушения В2. Понижение стоимости на компоненты/установку. В3. Использование отечественного оборудования	<b>СИВ:</b> 1. Экологичность системы и высокая экономичность проекта даст повышенный спрос. 2. Понижение стоимости на компоненты и/или установку может привести к доступности установки для других организаций 3. Ужесточение законов в области пожаробезопасности сделает необходимым использование подобных систем	<b>СЛИВ:</b> 1. Повышение спроса на систему пожаротушения приведет к повышению потребности в квалифицированном персонале. 2. Новизна технологии может привести к внедрению технологии на отечественный рынок.

#### Продолжение таблицы 4.1.2.1

Угрозы	СИУ:	СЛУ:
У1. Отсутствие спроса на систему У2. Повышение стоимости на оборудование системы. У3. Более низкая стоимость у уже используемых установок.	1. Так как технология является экологичной по сравнению с другими, значит, всегда будет привлекательна на рынке.	1. Высокая стоимость приведет к отсутствию спроса на технологию. 2. Из-за повышенных требований система может стать нецелесообразной.

Основываясь на пунктах, приведенных в матрице SWOT, можно сделать вывод, что главным достоинством системы является ее экологичность и доступность используемых элементов всей системы. Это является важным показателем для предприятий, связи с ужесточением требований по вредным выбросам в природу.

Одним из определяющих недостатков системы является большое количество конкурентов, так как изучение и создание систем пожаротушения ведется продолжительное время. Однако внедрение компонентов, снижающих время тушения пожара, выводит разрабатываемую систему на лидирующие позиции.

## **4.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

В данном разделе описан перечень проделанных работ в рамках научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ, установлена продолжительность работ, построен график проведения

научного исследования. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по видам работ приведен в таблице 4.2.1.1.

Таблица 4.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

#### Продолжение таблицы 4.2.1.1

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Оформление отчета	11	Составление пояснительной записки, внесение правок в чертежи	Инженер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Данный раздел необходим для определения трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностных характер.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости определяется по формуле:

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

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

Продолжительность каждой работы, учитывающую параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

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

Количество календарных дней в 2022 году составило 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118 дней. Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1,476 \approx 1,48,$$

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

Пример расчета для первой строки:

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min1}} + 2 \cdot t_{\text{max1}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.};$$

$$T_{p1} = \frac{t_{\text{ож1}}}{\text{Ч}_1} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

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

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,48 = 1,96 \approx 2 \text{ дня.}$$

В таблице 4.2.2.1 указан перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

Таблица 4.2.2.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоемкость работ, дни			Исполнитель и	Длительность работ в раб. днях $T_{pi}$		Длительность работ в кал.днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$		НР	Инж.	НР	Инж.
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Поиск и изучение литературы по выбранной теме	5	7	5,8	Инж.	-	5,8	-	9
Календарное планирование работ	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Подготовка лабораторной установки для проведения исследований	2	4	2,8	Инж.	-	2,8	-	4
Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик огнетушащего состава.	14	21	16,8	Инж.	-	16,8	-	25
Обработка полученных данных	7	14	9,8	НР, инж.	4,9	4,9	7	7
Оценка эффективности результатов	4	7	5,2	НР	5,2	-	8	-
Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР	28	35	30,8	Инж.	-	30,8	-	46

Продолжение таблицы 4.2.2.1

Этап	Трудоемкость работ, дни			Исполнитель и	Длительность работ в раб. днях $T_{pi}$		Длительность работ в кал.днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$		НР	Инж.	НР	Инж.
Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним	10	14	11,6	Инж.	-	11,6	-	17
Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4	8	5,6	Инж.	-	5,6	-	8
Составление пояснительной записки	5	8	6,2	Инж.	-	6,2	-	9
Итого	81	122	97,4	-	12,9	84,6	19	137

Календарный план-график построен на основе рисунка 4.2.2.1 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

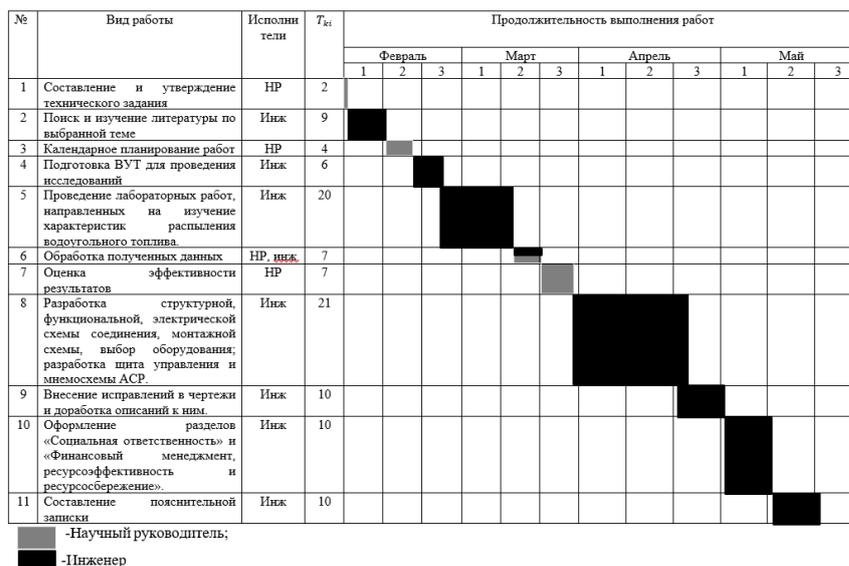


Рисунок 4.2.2.1 – График Гранда

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты – затраты на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении пожаротушащей смеси, а также используемых лесных горючих материалов (ЛГМ). Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.3.1.1.

Таблица 4.3.1.1 – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Вода дистиллированная	л	5	67,5	337,5
Бишофит	кг	0,2	64	12,8
ЛГМ	кг	1	50	50
Итого				400,3

### 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

В исследовании используется специальное лабораторное оборудование:

- электронные весы Acom PC-100W;
- весы VIBRA AJ-420CE;
- аналого-цифровой преобразователь MB110;
- высокоскоростная видеокамера Phantom Micro M310;

Норма амортизации:

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

где  $n$  – срок полезного использования в количества лет.

Норма амортизации для электронных весов Acom PC-100W:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1$$

Норма амортизации для весов VIBRA AJ-420CE:

$$H_A = \frac{1}{7} = 0,14$$

Норма амортизации для аналого-цифрового преобразователя MB110:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1 .$$

Норма амортизации для высокоскоростной видеокамеры Phantom Micro M310:

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

Амортизация оборудования:

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

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

Амортизация для электронных весов Acom PC-100W:

$$A = \frac{0,1 \cdot 24620}{12} \cdot 0,2 = 41,03 \text{ руб.}$$

Амортизация для весов VIBRA AJ-420CE:

$$A = \frac{0,14 \cdot 129\,590,72}{12} \cdot 0,2 = 302,38 \text{ руб.}$$

Амортизация для весов аналого-цифрового преобразователя MB110:

$$A = \frac{0,1 \cdot 10920}{12} \cdot 0,2 = 18,2 \text{ руб.}$$

Амортизация для высокоскоростной видеокамеры Phantom Micro M310:

$$A = \frac{0,07 \cdot 55000}{12} \cdot 0,2 = 64,16 \text{ руб.}$$

Таблица 4.3.2.1 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование	Кол-во ед.	Срок полезного использования	Цена оборудования, руб.	Время использования, мес.	$H_A$	Амортизация
1	Электронные весы Acom PC-100W	1	10	24620	0,2	0,1	41,03
2	Весы VIBRA AJ-420CE	1	7	129 590,72	0,2	0,14	302,38
3	Аналого-цифровой преобразователь MB110	1	10	10920	0,2	0,1	18,2

Продолжение таблицы 4.3.2.1

№ п/п	Наименование	Кол-во ед.	Срок полезного использования	Цена оборудования, руб.	Время использования, мес.	$H_A$	Амортизация
4	Высокоскоростная видеокамера Phantom Micro M310	1	15	55000	0,2	0,07	64,16
Итого:							425,77 руб.

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В этом разделе рассматривается расчет заработной платы исполнителя и руководителя, а также расходы по оплате труда, которые зависят от трудоемкости проекта и используемой системы оплаты.

Основная заработная плата работника:

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

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 3279,9 \cdot 12,9 = 42310,71 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1638 \cdot 84,6 = 138574,8 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Таблица 4.3.3.1 – Баланс рабочего времени

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

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

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

Среднедневная заработная плата инженера (5-дневная неделя):

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

Месячный должностной оклад работника:

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

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5.;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3.

Месячный должностной оклад научного руководителя:

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

Месячный должностной оклад инженера:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 16200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31590 \text{ руб.}$$

Таблица 4.3.3.2 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
НР	39300	0,3	0,2	1,3	76635	3279,9	12,9	42310,71
Инж	16200	0,3	0,2	1,3	31590	1638	84,6	138574,8
Итого $Z_{осн}$								180885,51

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимаем равным 0,12.

Доп. заработная плата научного руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 42310,71 = 5077,29.$$

Доп. заработная плата инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 138574,8 = 16628,98.$$

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды для научного руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (42310,71 + 5077,29) = 14216,4 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (138574,8 + 16628,98) = 46561,13 \text{ руб.}$$

#### 4.3.6 Накладные расходы

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

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

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{обор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}} = (400,3 + 425,77 + 180885,51 + 21706,27 + 60777,53) \cdot 0,2 = 52839,076.$$

Таблица 4.3.6.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	400,3
Затраты на оборудование	425,77
Затраты на основную заработную плату	180885,51
Затраты на дополнительную заработную плату	21706,27
Отчисления во внебюджетные фонды	60777,53
Накладные расходы:	52839,076

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.3.7.1.

Таблица 4.3.7.1 – Бюджет затрат НТИ

Наименование	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты	400,3	1700	1300	Пункт 1.3.1
Затраты на оборудование	425,77	593,6	563,17	Пункт 1.3.2

Продолжение таблицы 4.3.7.1

Затраты на основную заработную плату	180885,51	187257,4	185468,6	Пункт 1.3.3
Затраты на дополнительную заработную плату	21706,27	25870,9	26056,3	Пункт 1.3.4
Отчисления во внебюджетные фонды	60777,53	63190,7	64957,7	Пункт 1.3.5
Накладные расходы	52839,07	55722,52	55669,15	Пункт 1.3.6
Бюджет затрат НИР	317034,45	334335,12	334014,92	Сумма ст. 1–6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

- АСУ тушения пожаров с использованием ФР-Лес 01;
- АСУ тушения пожаров с использованием АFFF.

Интегральный показатель финансовой эффективности:

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

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения НИР.

$$\Phi_{p1} = 317034,45 \text{ руб.},$$

$$\Phi_{p2} = 334335,12 \text{ руб.},$$

$$\Phi_{p3} = 334014,92 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{317034,45}{334335,12} = 0,948,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{334335,12}{334335,12} = 1,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{334014,92}{334335,12} = 0,999.$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Таблица 4.4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп1	Исп2	Исп3
Возможность применения технологии на производстве	0,1	5	4	4
Удобство эксплуатации	0,15	4	4	4
Надежность	0,2	4	4	4
Динамическая точность	0,15	5	5	4

Продолжение таблицы 4.4.1

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп1	Исп2	Исп3
Стоимость обслуживания	0,1	4	3	3
Качество регулирования	0,1	5	5	5
Эффективность применения	0,2	5	5	4
Итого:	1	4,55	4,35	4

$$I_{p1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,55,$$

$$I_{p2} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,35,$$

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

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p\text{-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,55}{0,948} = 4,80,$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p\text{-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{4,35}{1} = 4,35,$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p\text{-исп3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп3}}} = \frac{4}{0,999} = 4,00.$$

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

Таблица 4.4.2 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,948	1	0,999
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,55	4,35	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,80	4,35	4,00
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,936	0,903

Наиболее эффективным является первый вариант исследования.

### **Выводы по разделу**

В данном разделе:

- 1) проведен анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке;
- 2) составлен SWOT-анализ для нашего исследования, в котором были выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы;
- 3) приведена таблица с перечнем этапов, работ и распределением исполнителей;
- 4) определена трудоемкость выполнения работ;
- 5) Построена диаграмма Ганта;
- 6) Произведены расчеты: материальных затрат, затрат на оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды, накладных расходов. Произведен расчет бюджета затрат НИР, который составил 317034,45 руб.;
- 7) Рассчитана оценка эффективности НИ. Интегральный показатель финансовой эффективности равен 0,948, интегральный показатель ресурсоэффективности равен 4,55, интегральный показатель эффективности равен 4,80. При сравнении показателей нашего проекта с показателями других, то можно сделать вывод, что наш проект является финансово выгодным и более эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б93		ФИО Великоречин Андрей Александрович	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<b>Автоматизированная система управления тушением возгораний производственных пылей специализированными огнетушащими составами</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><b>Объект исследования:</b> автоматизированная система управления пожаротушением на складах лесоматериалов</p> <p><b>Область применения:</b> пожаротушение</p> <p><b>Рабочая зона:</b> производственное помещение</p> <p><b>Размеры помещения:</b> 30*35м.</p> <p><b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b> щит управления (1), программируемый контроллер (1)</p> <p><b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> измерение параметров (температура, концентрация), регистрация, осуществление процесса пожаротушения</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации; Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: статья 5.27.1 Кодекса РФ об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195-ФЗ. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Обоснование мероприятий по снижению воздействия указанных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> </ul> <p><b>Опасные факторы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень статического электричества;</li> </ul> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> защитные очки, беруши, наушники, специализированная одежда, изоляция проводов</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на гидросферу:</b> химическое загрязнение используемой на производстве воды и последующий сброс в сточные воды</p>

	<b>Воздействие на литосферу:</b> изменение химического состава прилегающих территорий
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<b>Возможные ЧС:</b> – Техногенные аварии (отказ систем безопасности; пожар, выход из строя электрической системы) <b>Наиболее типичная ЧС:</b> – Пожар лесоматериалов при их обработке и хранении;
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Великоречин Андрей Александрович		

## **Социальная ответственность**

### **Введение**

Тема выпускной квалификационной работы – разработка автоматизированной системы управления тушением возгораний производственных пылей специализированными огнетушащими составами. Объектом автоматизации является система пожаротушения на складе лесоматериалов.

Увеличение количества возгораний на производстве оказывает негативное влияние на развитие лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности в целом. В обыденном сознании человека некачественная эксплуатация лесоматериалов оказывает на него прямое воздействие в виде общей деградации территории проживания. Таким образом одной из ключевых задач данного раздела является поиск актуальных решений по повышению социальной ответственности пожаро- и взрывоопасных объектов лесоперерабатывающего производства.

Основным пользователем разрабатываемой системы пожаротушения являются предприятия по деревообработке и лесопромышленные компании, основным фактором производства которых является обработка и хранение лесных горючих материалов. Также стоит указать, что система тушения может быть использована и в других складских помещениях за счет смены специализированных добавок к основному компоненту огнетушащего состава – воде.

Основная темой раздела – анализ вредных и опасных факторов, возникающих в процессе работы оператора АСУ тушения. Приведены правовые нормы, на основании которых разработаны требования безопасности к рабочему месту оператора, экологической безопасности и безопасности во время ЧС. Рабочей зоной является производственное помещение, оснащенное ПК и цветным графическим монитором. Основная

деятельность оператора сводится к анализу информации, обнаружение неисправностей в узлах системы и принятие решений на их устранение.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

На территории Российской Федерации основным документом в области правового законодательства является Конституция, а законы или правовые акты, принимаемые для регулирования труда, не должны противоречить ей.

В 10 разделе Трудового кодекса Российской Федерации прописаны нормы охраны труда, а основные понятия представлены в 209 статье, в ней указано что первостепенной задачей является сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности[42].

В соответствии с пунктом 2 Постановления Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464 "О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда" [43] оператору необходимо пройти вводный инструктаж при приеме на работу, первичный инструктаж, который проводится на рабочем месте перед тем, как сотрудник начинает самостоятельную работу, а также повторные инструктажи по охране труда, которые проводятся минимум раз в 6 месяцев и внеплановый, который проводится при изменении эксплуатации оборудования, должностных обязанностей работника или нормативно-правовых актов. Также основываясь на статью 5.27.1 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195–ФЗ (ред. от 03.04.2018) допуск работника к исполнению им трудовых обязанностей без прохождения в установленном порядке обучения и проверки знаний требований охраны труда, а также обязательных при поступлении на работу и в течение трудовой деятельности медицинских осмотров, обязательных медицинских осмотров в начале рабочего дня (смены), обязательных психиатрических

освидетельствований или при наличии медицинских противопоказаний влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от пятнадцати тысяч до двадцати пяти тысяч рублей.

Согласно 212 статьи 10 раздела Трудового Кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить [42]:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов;

- применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников;

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;

- режим труда и отдыха работников в соответствии с законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации;

- а также другие условия согласно указанной выше статье ТК РФ.

Стоит отметить, что согласно санитарным правилам и нормам суммарное время регламентированных перерывов при восьмичасовой рабочей смене должно быть не менее 30 минут, а при двенадцатичасовой – не менее 70 минут [44].

Основой для принятия описанных решений являются Федеральные Законы и нормативные правовые акты, установленные на территории Российской Федерации в области организации безопасности жизнедеятельности, защиты окружающей среды и чрезвычайных ситуаций. Основываясь на концепции о социальной ответственности современных организаций, можно выделить три уровня социальной ответственности за решения, которые принимает инженер:

- первый уровень: социальная ответственность, включающая в себя выполнение обязательств по своевременной оплате налогов, выплаты заработной платы;

- второй уровень: социальная ответственность предприятия, направленная на улучшение внутренней среды, то есть оказание финансовой помощи в экстренных случаях или обеспечение жильём;

- третий уровень: социальная ответственность перед обществом, которая включает развитие территории по средствам финансирования проектов, направленных на формирование комфортной среды.

Поэтому при формировании рабочего пространства оператора АСУ необходимо учесть эргономические показатели трудового процесса, которые подразделяются на:

- гигиенические – показатели освещенности, влажности, токсичности, шума;

- антропометрические – показатели соответствия изделия размерам тела человека, его форме, распределению веса человека и другие;

- физиологические – показатели, определяющие соответствие изделия силовым, скоростным и энергетическим возможностям человека;

- психологические показатели характеризуют соответствие изделия особенностям восприятия, памяти, мышления человека, образования и закрепления навыков.

Также стоит принять во внимание как будет расположено рабочее место оператора АСУ. Так как правильно организованное рабочее место позволяет снизить уровень напряжения и уровень нагрузок на организм, возникающих во время работы оператора, а следовательно, и повысить эффективность его труда[45].

- рабочий стул должен обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на видеодисплейных терминалах (далее ВДТ) и персональных электронно-вычислительными машинах (далее ПЭВМ);

- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей.

– электрооборудование должно быть размещено на оптимальном расстоянии от мест с открытым использованием воды (раковины, емкости).

### **5.1.1 Производственная безопасность**

В законодательстве Российской Федерации [44] описаны правила и нормы по организации рабочего места оператора АСУ. В правилах по охране труда [46] указаны вредные и опасные факторы, характерные для АСУ пожаротушения. Стоит отметить, что опасные производственные факторы – это факторы, воздействие которых может привести к травме, а вредные производственные факторы – это факторы, которые воздействуя на работника могут стать причиной заболевания или снижения работоспособности.

Таблица 5.1.1.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора АСУ

Факторы	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21[47]
Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	ГОСТ Р 55175–2012 [48]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.2.542-96 [44] СП 52.13330.2016 [49] СанПиН 1.2.3685-21[50]
Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003–2014 [52]
Повышенный уровень статического электричества	ГОСТ 12.1.038–82 [53]

### **5.1.2 Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений на территории РФ, в которых выполняется работа оператора АСУ, связанная с нервно–эмоциональным напряжением, регламентируется санитарными правилами и нормами [47]. Представленные в документе правила и нормы предназначены

для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Условия микроклимата делятся на оптимальные и допустимые. Оптимальные условия направлены на обеспечение общих и локальных ощущений комфорта в течение всей рабочей смены с минимальным использованием устройств регуляции микроклимата и не вызывать каких-либо отклонений в самочувствие и здоровье оператора. Допустимые условия микроклимата могут вызывать локальные ощущения теплового дискомфорта, снижение работоспособности, но при этом не должны возникать нарушения или повреждения в функционировании организма оператора на протяжении всей рабочей смены.

Условиям микроклимата включают следующие показатели: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, а также интенсивность теплового облучения. В таблице 5.1.2.1 представлены значения оптимальных и допустимых величин показателей микроклимата на рабочем месте в теплый период года (плюс 10 °С и выше) и в холодный период года для категории работ 1а, к которым относится работа оператора АСУ [47].

Таблица 5.1.2.1 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата для категории работ 1а

Параметр	Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальный параметр микроклимата	Холодный	22...24	21...25	40...60	0,1
	Теплый	23...25	22...26	40...60	0,1

### Продолжение таблицы 5.1.2.1

Параметр	Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Допустимый параметр микроклимата	Холодный	20...21,9 24,1...25	19...26	15...75	0,1
	Теплый	21...22,9 25,1...28	20...29	15...75	–

Для снижения неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия: применение местного кондиционирования воздуха, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие СИЗ, сокращение рабочего дня или наличие помещения для отдыха и обогрева.

### 5.1.3 Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны

В процессе деревообработки выделяется большое количество древесной пыли, которая затем оседает на поверхности помещения или вдыхается персоналом, что может повлечь появление инфекции носовых пазух или носовые кровотечения или уменьшение объема одного вдоха человека. Также породы древесины могут содержать химические вещества, способные вызвать аллергические реакции на коже или стать причиной астмы.

В пунктах 3.4. и 2.4.7 [46] указано, что шлифовальные и заточные станки, места скопления пыли должны быть оснащены установками, обеспечивающими ее отсос. В пункте 2.3.13. прописана регулярность очистки от пыли и грязи окон и фонарей, которая для мест со значительным выделением пыли должна проводится на реже четырех раз за год, а стены и

перекрытия должны очищаться не реже одного раза в месяц (пункт 4.15). Стоит отметить, что приобретением, уходом и заменой средств индивидуальной защиты занимается работодатель (пункт 1.5).

#### **5.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

К важным факторам производственной среды также относится и освещение, которое обеспечивает высокую эффективность трудового процесса и безопасность труда. Недостаточность освещения снижает функционирование зрительного аппарата, что в свою очередь может вызвать усталость центральной нервной системы и уменьшить способность опознавать сигналы без увеличения прилагаемых усилий. В документах [49,50] прописаны нормы к освещению рабочего места оператора АСУ.

На основании свода правил о естественном и искусственном освещении постоянное наблюдение за ходом технологического процесса относится к VIII разряду (подразряд – а) зрительных работ [53]. На этом основании искусственное освещение в помещении пульта управления должно быть осуществлено системой общего освещения или комбинированного освещения. Освещенность поверхности стола и зоны размещения рабочих документов должна быть в пределах 300...500 лк, и не должно создавать бликов на поверхности монитора компьютера. При этом освещенность монитора компьютера не должна превышать 300 лк.

Наличие искусственного и естественного освещения в зоне рабочего места оператора АСУ тушения регламентировано [53], где указано, что коэффициент естественной освещенности должен быть не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и 1,5% для остальных зон. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

### **5.1.5 Повышенный уровень шума**

Шум – наиболее распространенный вредный фактор на производстве. Он возникает при работе насосов, исполнительных механизмов, работающих электрических приборов: ламп искусственного освещения, процессоров, вентиляторов и блоков питания компьютеров, а также шум доносится с улицы. Ухудшение условий труда происходит не только из-за воздействия на органы слуха, но и на весь организм через центральную нервную систему с последующим снижением концентрации при выполнении рабочих обязанностей. Происходит увеличение вероятности появления ошибки, зависящей от человеческого фактора, и увеличивается время, затрачиваемое на выполнение технического задания.

В соответствии с нормами [52] максимальный уровень звука на рабочем месте оператора не должен превышать 65 дБА. Достигнуть таких показателей можно следующим образом:

- изолировать источник шума, то есть использовать звукопоглощающие строительные материалы;
- увеличить расстояние до источника шума;
- использование СИЗ.

### **5.1.6 Повышенная напряженность электрического поля**

В ходе выполнения должностных обязанностей оператор АСУ взаимодействует с объектами, подключенными к электрической сети: ПК и средства управления, монитор, электрические кабели средств автоматизации. Перечисленное оборудование работает от сети с током 4-20 мА и напряжением 220 В или 24 В, а при нарушении техники безопасности возможно поражение электрическим током. Это может повлечь остановку дыхания и сердцебиения, потерю сознания, ожоговые повреждения кожи и слизистых в местах входа и выхода электрического разряда, поражение нервной системы.

В [53] указано предельно допустимое значение напряжения и тока, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием. Для установок в нормативном режиме для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА, для переменного тока (частота 50 Гц) – не более 2,0 В и 0,3 мА.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, корпуса приборов и инструментов заземляются, а также при работе возле объекта управления используются средства индивидуальной защиты [53]. Выбор и установку электрооборудования необходимо выполнять в соответствии с условиями окружающей среды.

Все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом.

## **5.2 Экологическая безопасность**

### **5.2.1 Воздействие на гидросферу**

В разрабатываемой системе пожаротушения основным огнетушащим компонентом является вода, однако есть и добавки (пенообразователи и смачиватели), которые могут быть загрязнителями. Нельзя исключить вероятность утечки добавок из емкостей, в которых они хранятся, и трубопроводов, поэтому загрязнение гидросферы возможно в результате попадания таких утечек в водные объекты. Действие пенообразователя на воду состоит в следующем: у воды появляется вязущий вкус, уменьшается прозрачность, увеличивается способность к пенообразованию, понижается концентрация кислорода, угнетается рост микроорганизмов.

В связи с описанными рисками предприятие должно обеспечить предотвращение попадания огнетушащих добавок на территорию

производственной части и непосредственно в водные объекты. Для этого необходимо использовать трубопроводы и емкости для хранения из материалов, стойких к коррозии и абразивному воздействию агрессивных жидких сред.

### **5.2.2 Воздействие на атмосферу и литосферу**

Воздействие на литосферу возможно при испарении огнетушащего состава и последующим попаданием компонентов в атмосферу, что может повлечь за собой загрязнение воздуха.

Для предотвращения выбросов необходимо выполнять инструкции по использованию добавок, проверять качество установки емкостей для хранения и пожарный трубопровод. При допущении выбросов необходимо провести механическую очистку загрязненного воздуха, а образовавшиеся отходы поместить в емкости или контейнеры для хранения на территории предприятия с целью последующей утилизации.

Утилизация использованного оборудования должна проводиться в соответствии с установленными нормами для исключения вредного воздействия на гидросферу, атмосферу и литосферу. Данная операция должна проводиться в специализированных компаниях и обученным персоналом. Для увеличения сроков эксплуатации и безопасного использования огнетушащей системы необходимо проводить его осмотр и устранять выявленные дефекты.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Во время работы предприятия возможны следующие чрезвычайные ситуации (далее ЧС): наводнение, землетрясение, оползни, химическое заражение и другие ЧС. Ликвидацией их последствий должны заниматься спасатели или другие лица, прошедшие соответствующую подготовку.

Персоналу предприятия следует выполнять действия в соответствии с инструкциями, полученными при инструктажах и непосредственно ЧС [55].

При работе системы пожаротушения со специальными добавками могут возникнуть ЧС связанные с воспламенением изоляции электрической сети от короткого замыкания или перегрузки сети. Следует ответственно подходить к процессу установки и последующей эксплуатации оборудования автоматизации. Особое внимание нужно тем местам системы пожаротушения, где используются горючие материалы или жидкости, так как некачественный монтаж частей системы может привести к протечкам и последующему возгоранию. Поэтому монтаж оборудования и последующая эксплуатация должны проводиться квалифицированными специалистами [56].

Для предотвращения возгорания предприятие должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: огнетушители, ящики с порошковыми составами (песок, перлит), огнестойкие ткани (асбестовое полотно, кошма, войлок). Рабочее место оператора следует обеспечить порошковым огнетушителем типа ОП–5, планом эвакуации, а в доступном месте пожарным щитом.

### **Вывод по разделу**

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, экологическая безопасность, безопасность при ЧС. Значимость данного раздела заключается в знании и соблюдении норм и правил, соблюдая которые эксплуатация АСУ пожаротушения не будет подвергать опасности окружающую среду и людей. Раздел «Социальная ответственность» направлен на обеспечение комфортных рабочих мест, соблюдение норм вредных воздействий и их минимизация, а также способы предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций и порядок действий при их возникновении. Согласно [12] анализ показал, что оператор АСУ должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск

персонала с III группой осуществляется на работу с сетями до и выше 1000В, а также дает право самостоятельного обслуживания, осмотра, подключения и отключения оборудования. Основываясь на [15] определено оснащение рабочего места оператора АСУ первичными средствами пожаротушения и их количество.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проведен анализ АСПТ для склада лесоматериалов. Проведены эксперименты, определяющие наиболее подходящие добавки для создания огнетушащей смеси, а также минимальные объемы для нейтрализации модели возгорания древесных пылей.

В качестве объекта автоматизации было выбрано технологическое оборудование системы пожаротушения складов лесоматериалов. Для выбранного объекта автоматизации разработана автоматическая система регулирования подачи огнетушащего состава.

В ходе разработки АСУ выбрана структура регулирования нагрузки и представлена проектная документация, которая включает в себя:

- структурную схему;
- функциональную схему;
- принципиальную электрическую схему;
- монтажную схему;
- общий вид щита автоматизации.

Для данной системы осуществлен подбор технических средств автоматизации.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была проведена оценка коммерческой ценности разработанной автоматизированной системы управления технологическими процессами с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности

и ресурсосбережения. Такой анализ позволил определить комплексный экономический эффект, который может быть достигнут благодаря внедрению данной системы.

В рамках раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены важные правовые и организационные вопросы, связанные с обеспечением безопасности на производстве, включая производственную, экологическую и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Это позволило уделить должное внимание вопросам социальной ответственности в контексте разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами.

### **Список использованных источников**

1. Doerr, S. H., & Santín, C. (2016). Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 20150345. doi:10.1098/rstb.2015.0345.
2. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Международная пожарная статистика международной ассоциации пожарно-спасательных служб // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 1. – С. 72–104.
3. Козаченко, М.А. Лесные пожары и борьба с ними: учеб. пособие / Сост.: к.с.-х.н. М.А. Козаченко; под общ. ред. Соловьёва Д.А.; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И.Вавилова». – Саратов, 2013 г. – 200 с. ISBN 978-5-7011-0762-3.
4. 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.
5. Antonov, D. V., Volkov, R. S., Voitkov, I. S., Zhdanova, A. O., & Kuznetsov, G. V. (2018). Influence of Special Additives in a Water Aerosol on the

Suppression of a Forest Fire with it. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 91(5), 1250-1259. <https://doi.org/10.1007/s10891-018-1855-3>.

6. Antonov D.V., Voytkov I.S., Volkov R.S., Zhdanova A.O., Kuznetsov G.V., Khasanov I.R., Shlegel N.E. Influence of specialized additives on the efficiency of localization of flame burning and thermal decomposition of forest fuel materials. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety*. 2018;27(9):5-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/PVB.2018.27.09.5-16>.

7. Torzhkov, I.O.; Kushnir, E.A.; Konstantinov, A. V; Koroleva, T.S.; Efimov, S. V; Shkolnik, I.M. The economic consequences of future climate change in the forest sector of Russia. In *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2019; Vol. 226.

8. Han, Y.; Chen, Z.; Liu, H.; Nie, Z.; Tian, Y. Virtual reality oriented modeling and simulation of water-dropping from helicopter. In *Proceedings of the ACM International Conference Proceeding Series*; 2018; pp. 24–29.

9. Qureshi, S.; Altman, A. Studying fluid breakup and dispersion to predict aerial firefighting ground drop patterns. In *Proceedings of the AIAA Aerospace Sciences Meeting*, 2018.

10. Magarvey, R.H.; Taylor, B.W. Free fall breakup of large drops. *J. Appl. Phys.* 1956, 27, 1129–1135.

11. Strizhak, P.A.; Volkov, R.S.; Zabelin, M.V.; Piskunov, M.V. Disintegration of large balls of water-based liquids in free fall through high-temperature gases. *At. Sprays* 2017, 27.

12. Girin, A.G. Drop deformation and acceleration: The effects of inertia in fragmentation. *At. Sprays* 2014, 24, 349–366.

13. Копылов Н.П. et al. Повышение Эффективности Тушения Лесных Пожаров С Использованием Добавок К Воде // *Пожарная Безопасность*. 2015. № 4. P. 46–50.

14. Combustible wood dust explosions and impacts on environments and health - A review / X. Zhou, X. Li, Z. Cui [и др.] // *Environmental Research*. – 2023. – T. 216.

15. Santamaría-Herrera A. Characterization of the explosiveness of wood dust / A. Santamaría-Herrera, F. J. Hoyuelos, C. Casado-Marcos // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2023. – Т. 169. – С. 252-259.
16. Стрижак П.А. et al. Трансформация Массивов Огнетушащих Жидкостей При Свободном Падении // *Материалы Хххii Международной Научно-Практической Конференции «Актуальные Проблемы Пожарной Безопасности»*, Москва. 2020. Vol. 1. P. 374–379.
17. Inhibiting effect of inhibitors on ignition sensitivity of wood dust / L. Zheng, Y. Yu, J. Yang [и др.] // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. – 2021. – Т. 70.
18. GOST R 50588-2012 Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods. – Standardinform, 2012.
19. GOST R 50588-2012 Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods. – Standardinform, 2012.
20. GOST 16363-98 Fire protective means for wood. Methods for determination of fire protective properties . – Standardinform, 1998.
21. GOST 7759-73 Technical magnesium chloride (bishofit). Specifications. – Standardinform, 1991.
22. Shadrina E. M. Determination of thermophysical properties of gases, liquids and aqueous solutions of substances / E. M. Shadrina, G. V. Volkova. – Ivanovo : Ivanovo University of Chemical Technology, 2009. – 80 с
23. Kopylov N. P. Research of fire retardant properties of retardant solutions / N. P. Kopylov, A. E. Kuznetsov, V. N. Karpov // *XXX International Scientific and Practical Conference «Actual problems of fire safety»*. – Moscow : VNIPO, 2018. – С. 181-185.
24. Датчики давления Метран М150. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru> (дата обращения: 12.02.2023)
25. ПД200-ДИ модель 315 датчик избыточного давления общепромышленный. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL:

[https://owen.ru/product/preobrazovateli\\_izbitochnogo\\_davleniya\\_owen\\_pd200\\_di\\_div](https://owen.ru/product/preobrazovateli_izbitochnogo_davleniya_owen_pd200_di_div) (дата обращения: 12.02.2023).

26. Преобразователи давления. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: [https://owen.ru/catalog/datchiki\\_preobrazovateli\\_davleniya/info/39](https://owen.ru/catalog/datchiki_preobrazovateli_davleniya/info/39) (дата обращения: 12.02.2023).

27. Расходомер Метран-150RFA. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150rfa-ru-ru> (дата обращения: 12.02.2023).

28. Blancett FloClean – турбинный металлический расходомер гигиенического типа. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://rusautomation.ru/rashodomery/blancett-floclean> (дата обращения: 13.02.2023).

29. SONOFLO SONO 3100 ультразвуковой расходомер. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL:

30. Пожарный комбинированный дымо-тепловой извещатель. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://specinfo.ru/idt2a3r.html> (дата обращения: 01.03.2023).

31. Извещатель пожарный комбинированный адресный (дымовой-тепловой) общепромышленный. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://smd-tlt.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).

32. Извещатель пожарный ручной. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://www.tinko.ru/catalog/product/200092/> (дата обращения: 21.02.2023).

33. Взрывозащищенное устройство дистанционного пуска Спектрон-535-EXD-М/Н-УДП. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://spectron-ops.ru/products/udpandipr/vzryvozashchishchennoe-ustroystvo-distancionnogo-puska-spektron-535-exd-mn-udp> (дата обращения: 21.02.2023).

34. Насосы Абаке. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: [https://pomпashop.ru/catalog/peristalticheskie\\_nasosy/abaque/](https://pomпashop.ru/catalog/peristalticheskie_nasosy/abaque/) (дата обращения: 19.02.2023).

35. Консольно моноблочные насосы Saer IR, MG2, NCBZ. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <http://ooo-vv.ru/konsolnye/konsolno-monoblochnye-nasosy-ir-mg2-ncbz.html> (дата обращения: 19.02.2023).
36. MEGACPK (MCPK) – насос для агрессивных химических жидкостей. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://hycom.ru/catalog/pumps/megacpk-mcpk> (дата обращения: 19.02.2023).
37. Задвижка чугунная Рашворк 103 Ду50 Ру16. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://dn.ru/zadvijka/zadvijka-klinovaya/zadvizhki-chugunnye/rashwork/103-s-dn-mt-380v/dn50> (дата обращения: 01.03.2023).
38. ИП 417-5 "Эксперт". [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <http://www.etra.ru/> (дата обращения: 01.03.2023).
39. Промышленный датчик угарного газа (CO). [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: <https://www.msr-electronic.ru/products/gas-sensors/px2-e1110-atex-co-sensor/> (дата обращения: 01.03.2023).
40. ПЛК73 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: [http://www.owen.ru/uploads/rie\\_plk73\\_1122.pdf](http://www.owen.ru/uploads/rie_plk73_1122.pdf) (дата обращения: 26.02.2023).
41. Система автоматизации S7–300. Данные модулей. [Электронный ресурс]: офиц. Сайт URL: [http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/S7\\_300\\_Modul\\_Data\\_p1\\_r.pdf](http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/S7_300_Modul_Data_p1_r.pdf) (дата обращения: 26.02.2023).
42. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).
43. Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 N 2464 "О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда" (вместе с "Правилами обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда").
44. СанПиН 2.2.4.542–96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. –М.; Госкомсанэпиднадзор России, 1196. –56

с.

45. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. –39 с.

46. ПОТ Р М-004-97. Межотраслевые правила по охране труда при использовании химических веществ. – М.: Изд-во М.: Стандартиформ, 1997 год.–103с.

47. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. –М.; Информационно-издательский центр Минздрава России, 2021. –20 с.

48. ГОСТ Р 55175-2012. Атмосфера рудничная. Методы контроля запыленности. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.11.2012 №1151-ст.

49. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. – Москва: Изд. Деан, 2013. –23 с.

50. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение; введ. 2017– 05 – 08. – М.: Изд-во М.: Стандартиформ, 2017 год. –104 с.

51. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» № 62296 от 29.01.2021.

52. ГОСТ 12.1. 003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" //Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – №. 10. – С. 57-64.12. Гост 12.1.038— 82.

53. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) //Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» Приложение А (обязательное) Комплект документов.

54. ГОСТ 23000-78 Система "человек-машина". Пульты управления. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012839>, свободный. – Загл. с экрана.

55. СНиП 23-03-2003. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200035251>, свободный. – Загл. с экрана.

56. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения. – М.; Москва : Изд. Стандартиформ, 2016. –11 с.

57. Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».