

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система управления процессом приготовления эмульсий и суспензий на химическом производстве

УДК 681.51:66:66-911.48

Студентка

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Щенникова Оксана Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель НОЦ ИШЭ	Жданова Алёна Олеговна	к.ф-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмент	Кузьмина Наталья Геннадьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель НОЦ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
НОЦ И.Н. Бутакова	Заворин А.С.	д.т.н., профессор		

Томск – 2018 г

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

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

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

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4В	Щенниковой Оксане Сергеевне

Тема работы:

Автоматизированная система управления процессом приготовления эмульсий и суспензий на химическом производстве	
Утверждена приказом директора №	571/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом автоматизации является устройство для механического смешения компонентов эмульсий и суспензий непрерывным способом.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Исследовательские изыскания. 2 Проектирование АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий. 3 Расчет параметров настройки регулятора. 4 Мнемосхема проекта. 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная.

	3 Схема принципиальная электрическая. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Наталия Геннадьевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2018
------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель НОЦ ИШЭ	Жданова Алёна Олеговна	к.ф-м.н.		

Задание приняла к исполнению студентка:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Щенникова Оксана Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 страниц, 20 рисунков, 26 таблиц, 60 источников, 3 приложения, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: пенообразователи, смачиватели, аэрозоль, лесной горючий материал, система автоматизации, микропроцессорный контроллер, схемная документация.

Объектом автоматизации является устройство для механического смешения компонентов эмульсий и суспензий.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления процесса приготовления эмульсий или суспензий и экспериментальное исследование влияния специализированных добавок на условия подавления пламенного горения и термического разложения типичных лесных горючих материалов (ЛГМ).

При выполнении работы использовался текстовый редактор Microsoft Office, графический редактор Microsoft Visio, математическое программное обеспечение Mathcad, программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных MasterScada, инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации CoDeSys.

В результате выполнения работы проведены экспериментальные исследования и произведен анализ влияния специализированных добавок на эффективность тушения возгорания лесной зоны, проанализирован объект автоматизации, разработаны структурная, функциональная, принципиальная электрическая схема автоматизированной системы и схема общего вида щита управления, произведен выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации и выполнен расчет параметров настройки регулятора.

Оглавление

Обозначения и сокращения.....	10
Введение.....	12
1 Исследовательские изыскания.....	19
2 Проектирование автоматизированной системы управления процесса приготовления эмульсий и суспензий.....	32
2.1 Формулирование технических требований к системе. Выбор структуры автоматизированной системы управления.....	34
2.2 Разработка функциональной схемы АСУ.....	38
2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации	40
2.3.1 Выбор измерительного преобразователя температуры.....	40
2.3.2 Выбор датчика расхода.....	42
2.3.3 Выбор вискозиметра.....	44
2.3.4 Выбор регулирующего устройства.....	45
2.3.5 Выбор исполнительного механизма.....	49
2.3.6 Выбор устройства ручного управления.....	49
2.3.7 Выбор пускового устройства.....	50
2.4 Разработка принципиальной электрической схемы АСУ.....	50
2.5 Разработка монтажной схемы.....	52
2.6 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ.....	53
3 Расчет параметров настройки регулятора.....	55
3.1 Идентификация объекта управления.....	55
3.2 Расчет параметров настройки регулятора.....	58
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	69
4.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения.....	69
4.2 Смета затрат на проект.....	70
4.2.1 Материальные затраты.....	71
4.2.2 Амортизация компьютерной техники.....	71
4.2.3 Затраты на заработную плату.....	71

4.2.4 Затраты на социальные нужды	73
4.2.5 Прочие затраты	73
4.2.6 Накладные расходы	73
4.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы	74
4.4 Оценка экономической эффективности проекта.....	75
5 Социальная ответственность	78
5.1 Введение	78
5.2 Производственная безопасность	79
5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения	80
5.2.2. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения	84
5.3 Экологическая безопасность	86
5.3.1. Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду	86
5.3.2. Решения по обеспечению экологической безопасности.....	86
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
5.4.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения	87
5.4.2 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.....	88
5.4.3 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.....	89
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	90
5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	90
5.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	91
Заключение	93
Список использованных источников	95
Приложение А Спецификация приборов и средств автоматизации.....	101

Приложение В Перечень элементов принципиальной электрической схемы	103
Приложение С Перечень элементов монтажной схемы	104

Графический материал: на отдельных листах

ФЮРА.421000.015 С1 Схема структурная

ФЮРА.421000.015 С2 Схема функциональная

ФЮРА.421000.015 Э3 Схема принципиальная электрическая

ФЮРА.421000.015 С4 Схема монтажная

ФЮРА.421000.015 ВО Общий вид щита автоматизации

Обозначения и сокращения

h – высота модельного очага, мм;

d – диаметр модельного очага, мм;

t – интервал времени от момента зажигания модельного очага;

t_e – интервал времени тушения модельного очага, с;

t_0 – интервал времени до начала тушения модельного очага, с;

T_{\min} – минимальная температура модельного очага, °С;

T_{\max} – максимальная температура модельного очага, °С;

m_0 – масса навески ЛГМ до горения, г;

m_1 – масса навески ЛГМ после тушения, г;

АСУ – автоматизированная система управления;

ПАВ – поверхностно–активные вещества;

СОЖ – смазочно–охлаждающие жидкости;

УЩР – углещелочной реагент;

ЛГМ – лесные горючие материалы;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ИПТ – измерительный прибор температуры;

В – вискозиметр;

Р – расходомер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

М – мешалка;

РО – регулирующий орган;

ИМ – исполнительный механизм;

ПУ – пусковое устройство;

РУ – устройство ручного управления;

АСР – автоматическая система регулирования;

РАФЧХ – расширенная амплитудно–фазовая частотная характеристика;

ВДУ – временные допустимые уровни;

ПК – персональный компьютер;

КЕО – коэффициент естественного освещения;

ПЭВМ - персональная электронная вычислительная машина;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

.

Введение

Пожары – самые распространенные чрезвычайные события в современном мире, наносящие большой материальный ущерб и связанные с гибелью людей. По числу погибших от пожаров Россия занимает лидирующую позицию [1]. В настоящее время особое внимание уделяется пожарной безопасности химической, нефтяной, газовой отраслей и других опасных производств, в технологических процессах которых используется большое количество пожаро– и взрывоопасных веществ. Каждый такой объект требует постоянного внимания к мерам предупреждения и тушения пожаров, поскольку даже при нормальном (безаварийном) режиме работы оборудования возможно выделение взрывоопасных веществ. На сегодняшний момент, на территории России расположены более 600 насосных станций по перекачке нефти, а в резервуарных парках хранятся сотни тысяч тонн горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Вероятность возникновения пожаров на таких объектах обусловлена высокой пожароопасностью используемых материалов и веществ (например, нефти и нефтепродуктов), а также технологического оборудования [2].

Тем не менее, самыми масштабными последствиями принято считать убытки, причиненные лесными пожарами. Лесные пожары являются распространенными чрезвычайными событиями, наносящими большой материальный ущерб многим странам мира. Лесные пожары повреждают лесные культуры, ухудшают состояние лесного фонда для будущих поколений, а также причиняют эколого–экономический ущерб. В результате низовых и верховых пожаров ежегодно в нашей стране выгорают тысячи гектаров леса, исчезают целые экосистемы [3]. Но кроме прямого ущерба, лесные пожары могут косвенно стать источником еще более серьезных экологических катастроф. Это может произойти, если пожар распространится на объекты нефтегазового комплекса, такие как нефте– и газопроводы, которые проложены по поверхности земли, а также нефте– и

газоперекачивающие станции, и нефтебазы, ведь в основном они расположены в лесных массивах. Поэтому возникает необходимость оперативного тушения лесных пожаров.

В борьбе с лесными пожарами применяются два метода тушения возгораний бореальной зоны: наземный и авиационный. Первый включает прямые методы тушения, заключающиеся в создании заградительной полосы у кромки пожара или непосредственно локализацию последней [4], и косвенные, применяющиеся чаще всего при распространении фронта горения на большие площади, например, при низовом пожаре, и направленные в основном на сдерживание распространения очага. Косвенные методы включают, как правило, прокладку заградительных барьеров и опорных минерализованных полос и канав. Часто это может занять значительное время и, как следствие, не всегда целесообразна при стремительном распространении фронта лесного пожара на большие площади [5]. Поэтому для прекращения пламенного горения и пиролиза лесной подстилки во всем мире чаще всего применяют авиацию. Авиационные методы тушения пожаров лесной зоны включают в себя локальный сброс тушащей жидкости с воздушных судов, в частности, самолетов–танкеров, гидросамолетов и вертолетов, которые оборудованы специальными емкостями для забора, перевозки и слива воды [6]. Авиационное пожаротушение является перспективным направлением в развитии существующих и новых подходов к ликвидации возгораний на больших площадях. Зачастую это единственный способ борьбы с крупными лесными пожарами.

Наряду с методом тушения лесных пожаров, одним из факторов, существенно влияющим на эффективность тушения возгорания лесной зоны является компонентный состав тушащей среды [7]. Так, для усиления огнетушащих свойств воды и снижения непроизводительных потерь часто используются дополнительные примеси. К настоящему времени разработана большая база специализированных добавок к воде, способствующих увеличению вязкости тушащей жидкости (огнетушащие пены) или снижению

поверхностного натяжения последней (смачиватели), также можно выделить пламегасители на основе солей и соответствующих растворов. Применяемые для пожаротушения пенообразователи представляют собой концентрированные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ), то есть добавок, обеспечивающих термическую и гидростатическую устойчивость, низкую температуру замерзания пенного концентрата и ингибиторов коррозии и вещества, обеспечивающих совместимость компонентов. В зависимости от применения пенообразователи разделяют на две классификационные группы: пенообразователи общего и целевого назначения. Пенообразователи общего назначения используются для получения пены и растворов смачивателей при тушении пожаров нефти, нефтепродуктов и твердых горючих материалов и получили наиболее широкое применение из-за доступности сырья и относительно низкой стоимости. Пенообразователи целевого назначения применяются для приготовления пены для пожаров отдельных видов горючих жидкостей или в особых условиях (например, при низких температурах, с морской водой). Все пенообразователи общего и целевого назначения должны соответствовать требуемым нормам, а именно не иметь осадка и посторонних механических включений, храниться при температуре в помещении не выше плюс 40 °С и не ниже плюс 5 °С (оптимальная температура плюс 20 °С) в емкостях из нержавеющей стали или полимерных материалов [8].

Для получения пенообразующего раствора (рабочего раствора) исходный пенный концентрат – пенообразователь разбавляют на 94–99 % водой так, чтобы содержание пенообразователя или смачивателя в рабочем растворе составило не более 6 % [9]. Концентрация рабочего раствора зависит от типа пенообразователя или смачивателя, точнее от природы ПАВ, на основе которых они изготовлены. Для более эффективного тушения пожаров приготовление концентратов пенообразователей требует точности дозирования пенообразователя или смачивателя в воде, что может быть обеспечено с помощью автоматизации данного процесса. Поэтому цель

данной работы заключается в разработке автоматизированной системы управления процессом приготовления эмульсий или суспензий и экспериментальном исследовании влияния специализированных добавок на условия подавления пламенного горения и термического разложения типичных лесных горючих материалов (ЛГМ). Под эмульсией понимается жидкость, содержащая мелкие капли другой, нерастворимой в ней жидкости, суспензией является жидкость с взвешенными в ней мелкими твердыми частицами [10].

Для разработки универсальной системы были проанализированы составы некоторых эмульсий и суспензий, используемых в отдельных отраслях промышленности. Например, химическая продукция, в частности буровые растворы, которые используются в нефтедобывающей отрасли для промывки скважин во время бурения. Классификация и состав таких растворов разнообразен, например, эмульсионно–глинистый раствор (77 % глинистый раствор, 15 % углещелочной реагент, 8 % нефть) [11], водные растворы ПАВ (вода, 0,2–1,5 % ПАВ) [10]. Температура процесса приготовления буровых растворов составляет плюс $0\div 30$ °С. Также были рассмотрены эмульсии и суспензии подотрасли химической промышленности – фармацевтической отрасли. Например, для приготовления 100 л глюкозы необходимо 40 кг безводной глюкозы и 73,2 кг воды [12]. Для изготовления раствора используется реактор (термостат), полученный раствор фильтруется от механических примесей. Кроме того, рассмотрены топливные эмульсии и суспензии, которые успешно применяются на речном и железнодорожном транспорте, в энергетике, металлургии. К числу таких эмульсий относятся: топливная эмульсия на основе воды с добавлением мазута, эмульгатора [13] и топливная эмульсия, состоящая из дизеля, диэтилового эфира, этанола [14]. Топливные эмульсии получают при температуре до плюс 90 °С. Также были проанализированы эмульсии и суспензии подотрасли химической промышленности – органической и неорганической химии. Имеются в виду катализаторы, получаемые

механическим смешением мокрым способом. Такие катализаторы получают путем механического смешения компонентов на одной из начальных стадий производства. После смешения одних компонентов с раствором других получившийся осадок фильтруют, промывают, сушат и формуют. Например, по способу мокрого смешения производят СТК–2–5. Данный катализатор получают методом осаждения гидроксида железа с последующим добавлением раствора хромовой кислоты и таблетированием высушенной контактной массы. Рабочий раствор готовится при температуре плюс $80\div 90$ °С. Методом механического смешения исходных компонентов по «мокрому» способу получают катализатор НТК–4. Приготовление рабочих растворов на первой стадии производства катализатора НТК–4 осуществляется при температуре плюс $80\div 90$ °С. Также на первой стадии получения гидроксида магния $Mg(OH)_2$ необходимо смешивание растворов $MgCl_2$ и $Ba(HS)_2$ при температуре до плюс 60 °С. [15]. Кроме того, были рассмотрены такие эмульсии, как смазочно–охлаждающие жидкости (СОЖ), которые используются для обработки металлов резанием или под давлением. СОЖ представляют собой многокомпонентные системы органических и неорганических веществ в воде, органических средах и их смесях. Изготавливаются СОЖ из продуктов химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности при температуре плюс $40\div 60$ °С [16], состав эмульсий приведен в таблице 1.

По данным, представленным в таблице 1, видно, что состав различных эмульсий и суспензий включает в себя 1–3 компонента. Следовательно, для реализации автоматизированной системы управления процессом приготовления эмульсий и суспензий необходимо четыре бака (три бака для хранения компонентов, один – для механического смешения и хранения эмульсий и суспензий). Таким образом, с помощью данной автоматизированной системы управления можно будет приготовить не только концентрированные преобразователи, но и другие смеси.

Таблица 1 – Химический состав эмульсий и суспензий

Наименование	Состав	Количество жидких компонентов
Буровой эмульсионно–глинистый раствор	100–250 л углещелочного реагента (УЩР), 500–750 л воды, 80–250 кг глины, 100–120 л нефти [11]	3
Буровой эмульсионно–меловой	70 % технической воды, 1,5–2 % каустической кристаллической соды, 6–10 % крахмала технического, 18 % нефти или солярового или моторного масла [11]	2
Буровой естественный глинистый раствор	320–475 кг глины, 880–825 л воды [11]	1
	190 кг глины, 150–200 л УЩР, 0,1–0,5 л пенообразователя, 730–780 л воды [11]	3
Буровой силикатно–солевой раствор	164 кг жидкого стекла, 109 кг соли, 164 л глинистого раствора, 872 кг барита, 396 л воды, 18 кг каустической соды, 28 кг карбоксиметилцеллюлозы [13]	2
Буровой естественный глинистый раствор	натриевая гидрофильная глина, вода [13]	1
Буровой глинистый раствор	глина, вода, жидкое стекло [13]	2
Топливная эмульсия	вода, мазут, эмульгатор (сольватизатор) [14]	3
Топливная эмульсия	вода, дизельное топливо, эмульгатор (сольватизатор) [14]	3
Топливная эмульсия	80 % дизеля, 15 % диэтилового эфира, 5 % этанола [17]	3
Топливная эмульсия	80 % дизеля, 10 % диэтилового эфира, 10 % биодизель [17]	3
Топливная эмульсия	5–95 %, дизеля 5–95 % этанола [17]	3
Топливная эмульсия	80 % дизеля, 25 % диэтилового эфира, 5 % биодизель [17]	3

Продолжение таблицы 1

Наименование	Состав	Количество жидких компонентов
Получение катализаторов (осаждение дикальцийфосфата CaHPO_4)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, CaCl_2 [15]	2
Получение катализаторов (гидроксида магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$)	MgCl_2 , $\text{Ba}(\text{HS})_2$ [15]	2
Получение цинкохромовых катализаторов	ZnO , CrO_3 , вода [15]	1
Получение катализаторов на основе алюминатов кальция	оксикарбонат никеля или цинка, ди- или моноалюминат кальция, вода или аммиак [15]	1
СОЖ	90 % сульфифрезола, 10 % керосина [16]	2
СОЖ	70 % индустриального масла, 15% льняного масла, 15% керосина [16]	3
СОЖ	вода, 2–3 % эмульсолы Э–2, 1,5 % кальцинированной технической соды [16]	2

1 Исследовательские изыскания

Основным недостатком самого распространённого средства пожаротушения – воды, является ее высокое поверхностное натяжение. Вследствие чего для ликвидации горения требуется большое количество воды. Для повышения эффективности тушения лесных пожаров необходимо увеличить способность растворов на водной основе растекаться по поверхности горящих предметов, снизить поверхностное натяжение (повысить способность растворов проникать в глубинные слои материалов). Для достижения перечисленных эффектов используются поверхностно-активные вещества (ПАВ), так называемые смачиватели. Так же на основе ПАВ изготавливаются и пенообразователи. ПАВ снижают поверхностное натяжение воды на границе с воздухом и этим обеспечивают эластичность водных пленок в течение всего времени существования [9].

Поэтому представляет интерес экспериментальное определение влияния специализированных добавок, а именно пенообразователей и смачивателей, на условия подавления пламенного горения и термического разложения типичных лесных горючих материалов.

При проведении исследований применялся стенд, схема которого приведена на рисунке 1. Стенд представлял систему, оснащенную техническими средствами измерения температуры, высокоскоростной видеорегистрации, а также программно-аппаратным комплексом для реализации измерений. Устанавливался специальный резервуар (3), в который помещался металлический поддон (5), служащий для размещения в нем модельных очагов. Для видеорегистрации тушения модельных очагов ЛГМ использовались высокоскоростная камера (9) и тепловизор (4), закрепленные на штативы (6) и (10). Высокоскоростная камера и тепловизор подключены к персональному компьютеру (8). С помощью программного обеспечения Testo IRSOft осуществлялось определение и контроль параметров модельного очага. Для генерации дисперсного потока использовалась система, состоящая из

емкости с тушащей жидкостью (7) под давлением, подводящего канала и распылительной форсунки (2).



Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда: 1 – вытяжная система; 2 – форсунка; 3 – резервуар; 4 – тепловизор; 5 – металлический поддон; 6 – штатив; 7 – баллон с водой; 8 – персональный компьютер; 9 – высокоскоростная камера; 10 – штатив

Для создания модельных очагов применялись специализированные полые цилиндры, выполненные из гофрированного алюминия (рисунок 2). Диаметр (d) в проведенных экспериментах варьировался в диапазоне 115–185 мм при высоте (h) 70 мм. Цилиндры заполнялись смесью ЛГМ в массовом соотношении компонентов: листья березы – 25 %, хвоя сосны – 15 %, ветки лиственных пород деревьев и шишки – 60 %. Перед началом проведения каждого эксперимента на аналитических микровесах определялась масса навески ЛГМ.

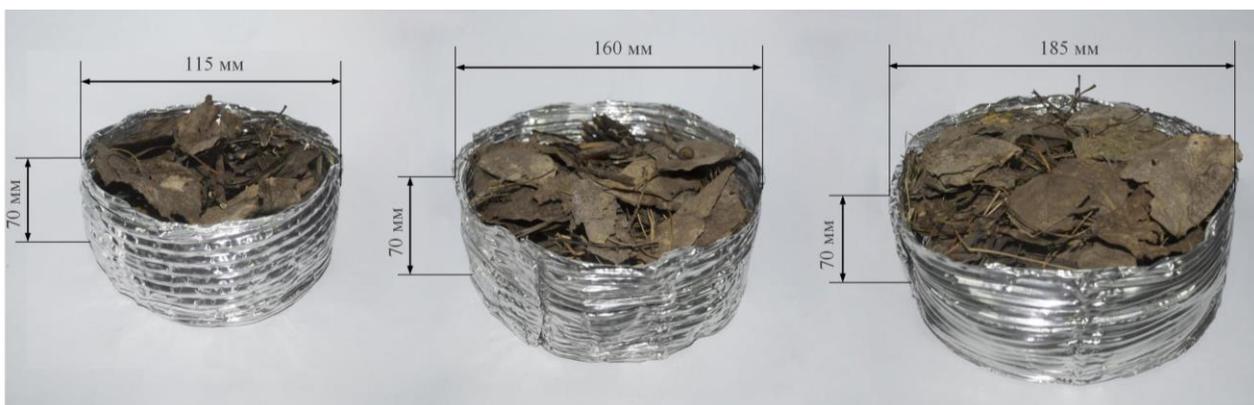


Рисунок 2 – Внешний вид модельных очагов

В качестве тушащих жидкостей для тушения ЛГМ применялись вода и составы на основе воды с добавлением смачивающих средств «Прогресс», «Файрекс» и пенообразователя «АFFF», внешний вид которых представлен на рисунке 3. Относительная массовая концентрация смачивателя и пенообразователя в растворе сохранялась в количестве 1 %.

В емкость с водой добавлялось необходимое количество смачивателя или пенообразователя, после чего раствор перемешивался до образования пены на поверхности жидкости. Основные характеристики используемых смачивателей и пенообразователя приведены в таблице 2.

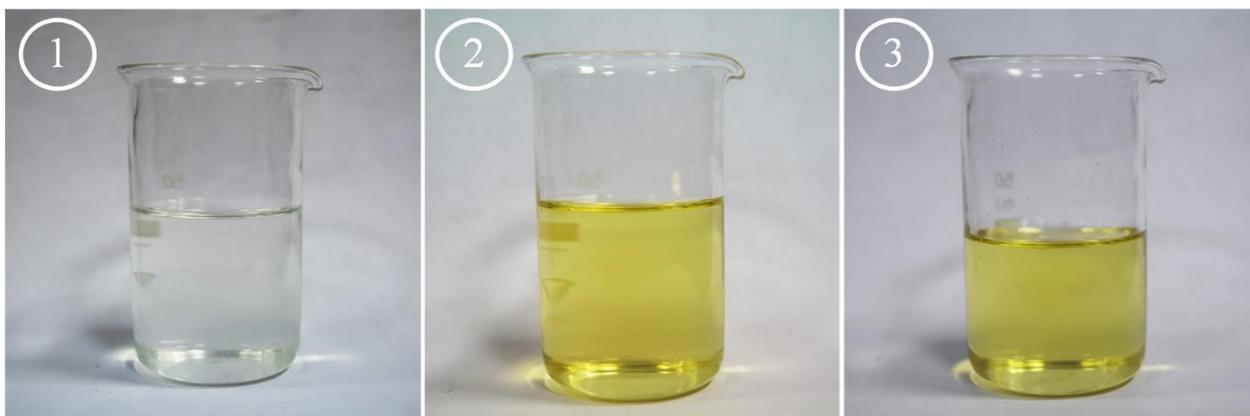


Рисунок 3 – Специализированные добавки: 1 – смачивающее средство «Прогресс»; 2 – пенообразователь «АFFF»; 3 – смачивающее средство «Файрекс»

Таблица 2 – Характеристики используемых специализированных добавок

Наименование	Свойство	Концентрация, %	Применение
Пенообразователь «АFFF»	Синтетический фторсодержащий пленкообразующий пенообразователь целевого назначения	1, 3, 6	Тушение нефтепродуктов
Смачивающее средство «Прогресс»	Синтетическое моющее вещество	1	Тушение лесных пожаров
Смачивающее средство «Файрекс»	Водный раствор синтетических ПАВ и стабилизирующих веществ	0,5–1,0	Тушение лесных пожаров, тушение пожаров классов А и В

Эксперименты проводились в два этапа. На первом этапе определялись интервалы времени полного выгорания модельных очагов. На втором – устанавливались интервалы времени тушения (t_e) модельных очагов водой и составами на основе воды с добавлением смачивающих средств «Прогресс» и «Файрекс», пенообразователя «АFFF».

В таблице 3 приведены средние значения для рассмотренных модельных очагов времен подавления пламенного горения и термического разложения ЛГМ.

Таблица 3 – Результаты первого этапа экспериментов

Диаметр модельного очага, мм	Интервал времени полного выгорания модельного очага, с
115	630
160	985
185	1450

Второй этап состоял из четырех серий экспериментов. В каждой серии экспериментов контролировалось время тушения модельного очага, масса ЛГМ до горения – m_0 , масса ЛГМ, оставшегося после падения температуры

ниже температуры протекания пиролиза – m_1 и интервал времени до начала тушения модельного очага – t_0 .

Эксперименты проводились следующим образом. Перед началом проведения каждого эксперимента навеска ЛГМ взвешивалась на аналитических микровесах и укладывалась в цилиндр, далее производилось зажигание модельного очага, и включался секундомер. Спустя 40 с после зажигания модельного очага осуществлялось открытие запорного клапана, и тушащая жидкость из емкости подавалась на вход распылителя. Распыление продолжалось до момента полного подавления горения модельного очага (примерно 370 К), что фиксировалось по показаниям тепловизора, и выключался секундомер.

В первой серии экспериментов проводилось тушение модельных очагов водой, во второй – водой с добавлением смачивающего средства «Прогресс», в третьей – водой с добавлением смачивателя «Файрекс», в четвертой – водой с добавлением пленкообразующего пенообразователя «АFFF».

Результаты четырех серий экспериментов сведены в таблицы 4–7.

Таблица 4 – Результаты серии экспериментов тушения модельных очагов водой

Номер опыта	t_e , с	t_0 , с	m_0 , г	m_1 , г	d , см	h , мм
1	100	40	13	15	115	70
2	70	40	13	17	115	70
3	90	40	13	15	115	70
4	140	40	25	30	160	70
5	135	40	25	30	160	70
6	130	40	25	30	160	70
7	280	40	65	75	185	70
8	315	45	65	71	185	70
9	303	40	65	66	185	70

Таблица 5 – Результаты серии экспериментов тушения модельных очагов водой с добавлением смачивающего средства «Прогресс»

Номер опыта	t_e, c	t_0, c	m_0, Γ	m_1, Γ	d, cm	h, mm
1	80	40	13	14	115	70
2	70	40	13	17	115	70
3	45	40	13	17	115	70
4	70	40	25	26	160	70
5	70	40	25	27	160	70
6	80	40	25	26	160	70
7	230	40	65	74	185	70
8	250	40	65	73	185	70
9	260	40	65	74	185	70

Таблица 6 – Результаты серии экспериментов тушения модельных очагов водой с добавлением смачивателя «Файрекс»

Номер опыта	t_e, c	t_0, c	m_0, Γ	m_1, Γ	d, cm	h, mm
1	75	40	13	11	115	70
2	68	40	13	13	115	70
3	75	40	13	14	115	70
4	80	40	25	28	160	70
5	70	40	25	30	160	70
6	70	40	25	29	160	70
7	280	40	65	71	185	70
8	250	40	65	69	185	70
9	220	40	65	75	185	70

Таблица 7 – Результаты серии экспериментов тушения модельных очагов водой с добавлением пенообразователя «AFFF»

Номер опыта	t_e, c	t_0, c	m_0, Γ	m_1, Γ	d, cm	h, mm
1	57	40	13	15	115	70
2	70	40	13	13	115	70
3	75	40	13	12	115	70
4	110	40	25	24	160	70
5	210	40	25	30	160	70
6	150	40	25	27	160	70
7	260	40	65	61	185	70

Продолжение таблицы 7

Номер опыта	t_e , с	t_0 , с	m_0 , г	m_1 , г	d , см	h , мм
8	240	40	65	75	185	70
9	270	40	65	72	185	70

На рисунках 4–7 представлены видеogramмы тушения модельных очагов диаметра 160 мм, снятые на высокоскоростную видеокамеру и тепловизор. На видеogramмах представлен модельный очаг до тушения, во время тушения и модельный очаг в момент полного подавления пламенного горения и термического разложения ЛГМ.

Из рисунка 4 видно, что при тушении модельного очага водой через 30 с после начала тушения максимальная температура очага становится ниже 500 °С и в течение последующих 60 с равномерно снижается до температуры 100 °С.

При тушении модельного очага водой с добавлением смачивателя «Прогресс» через 15 с после начала тушения максимальная температура очага становится ниже 500 °С и в течение последующих 50 с равномерно снижается до температуры 100 °С (рисунок 5).

При тушении водой с добавлением смачивателя «Файрекс» максимальная температура очага в течение 50 с после начала тушения колеблется в диапазоне температур 400–600 °С и резко снижается до температуры 100 °С (рисунок 6).

При тушении модельного очага рабочим раствором с пенообразователем «АFFF» максимальная температура становится ниже 500 °С спустя 80 с после начала тушения и спустя 25 с равномерно снижается до температуры 100 °С (рисунок 7).

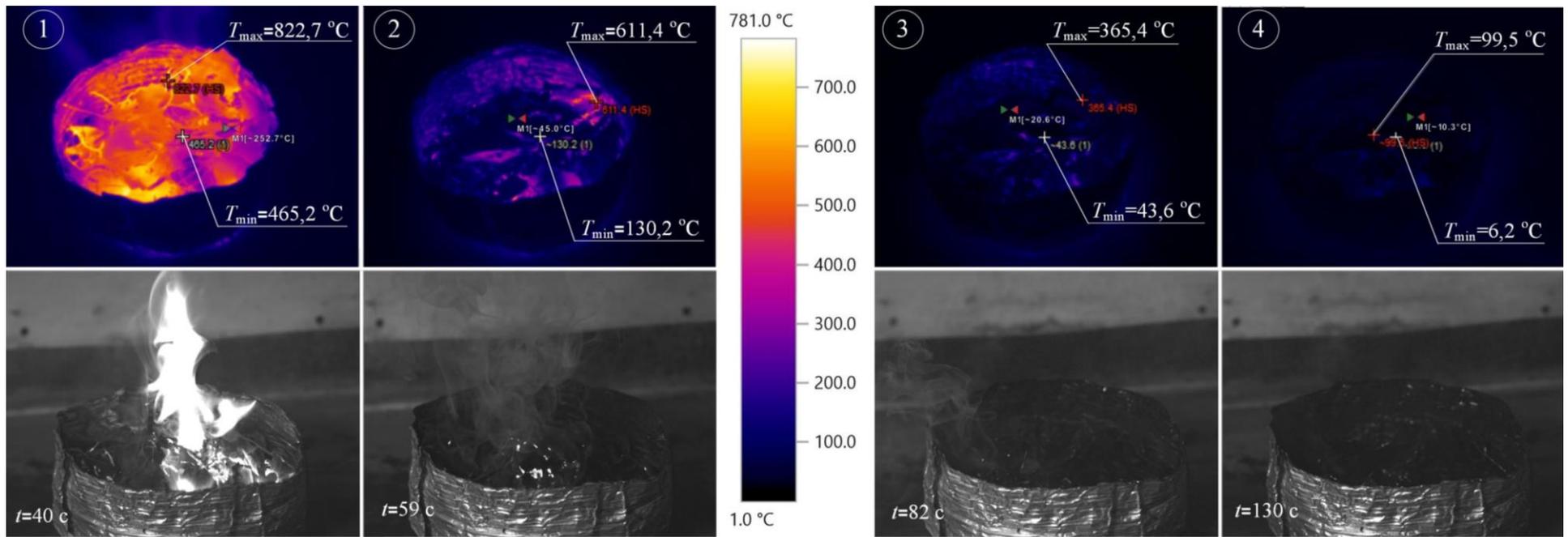


Рисунок 4 – Видеограмма модельного очага диаметром $d=160$ мм при тушении водой: 1 – модельный очаг до тушения; 2, 3– модельный очаг во время тушения; 4 – момент полного подавление горения модельного очага

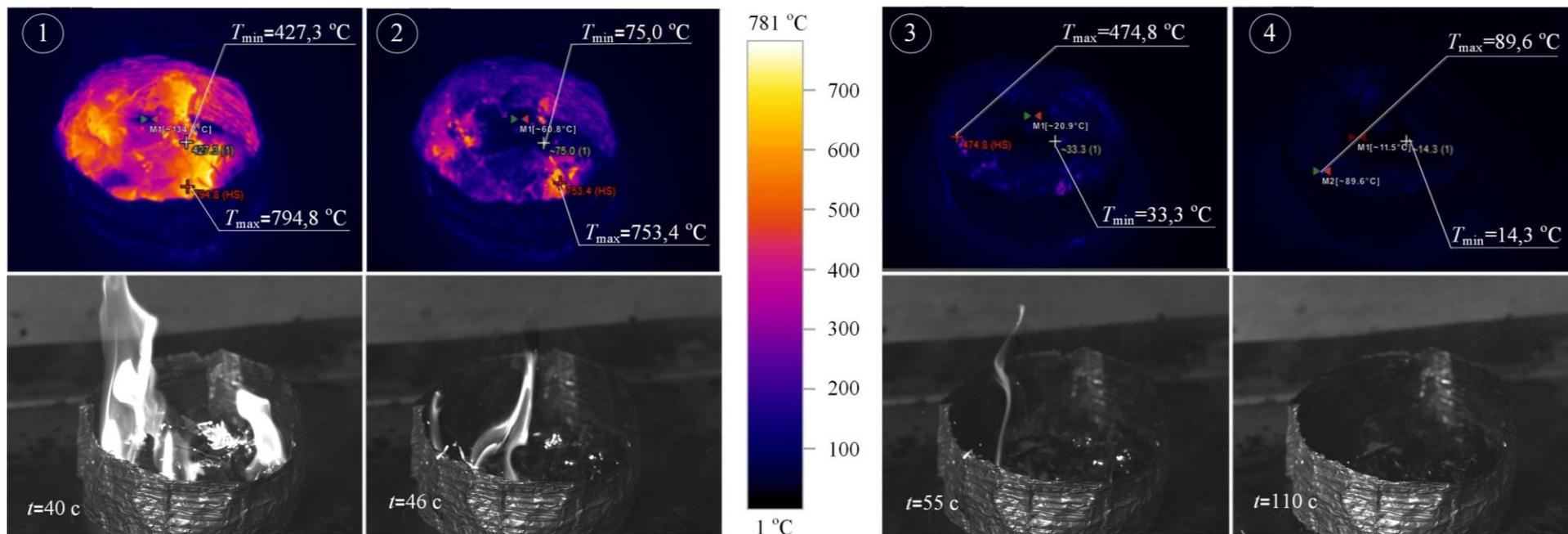


Рисунок 5 – Видеограмма тушения модельного очага диаметром $d=160$ мм водой с добавлением смачивателя «Прогресс»: 1 – модельный очаг до тушения; 2, 3– модельный очаг во время тушения; 4 – момент полного подавление горения модельного очага

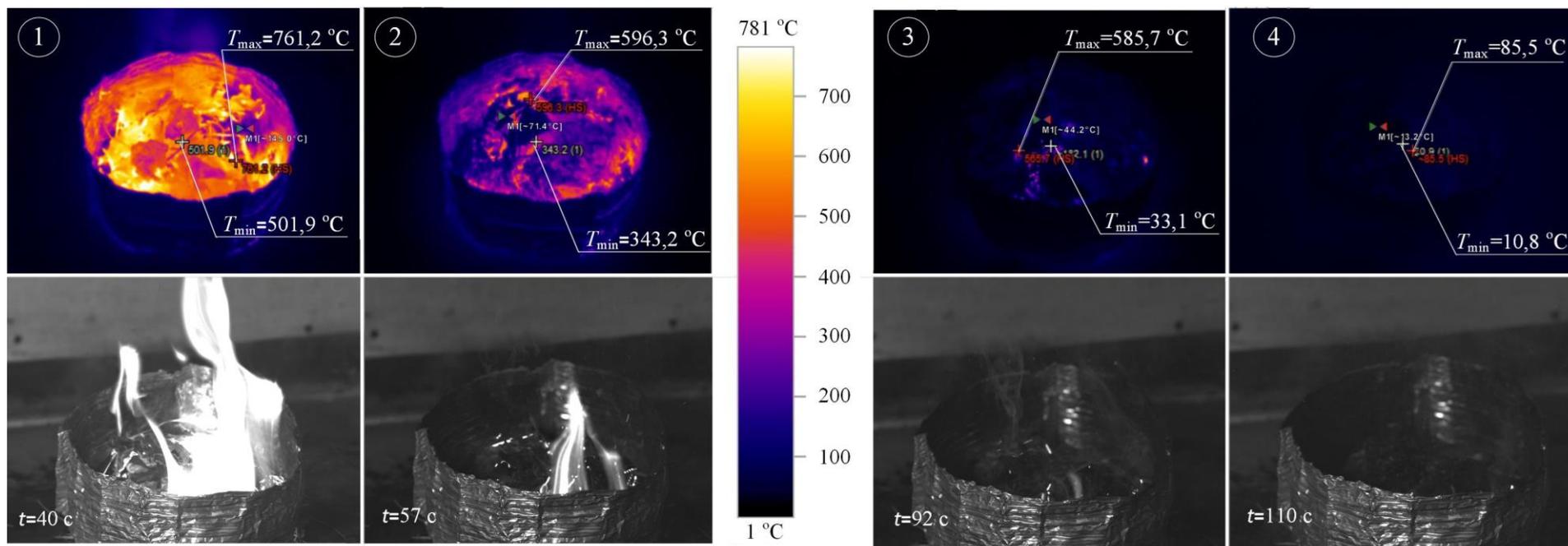


Рисунок 6 – Видеограмма модельного очага диаметром $d=160$ мм при тушении водой с добавлением смачивателя «Файрекс»: 1 – модельный очаг до тушения; 2, 3 – модельный очаг во время тушения; 4 – момент полного подавление горения модельного очага

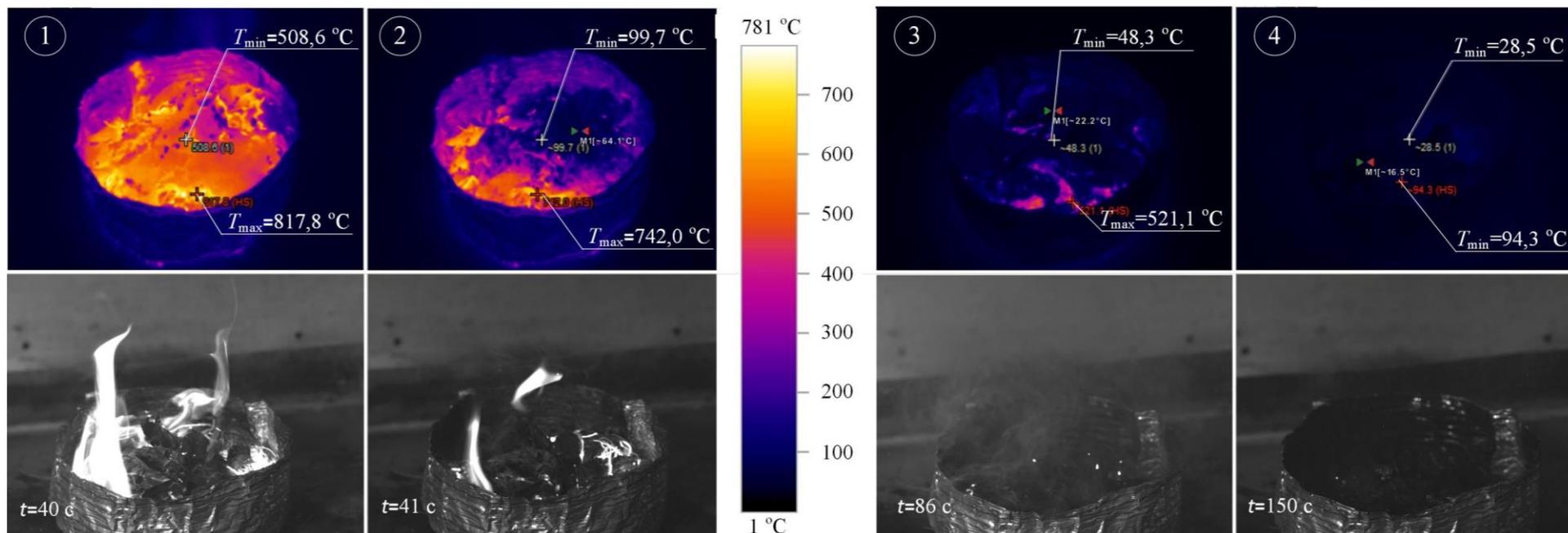


Рисунок 7 – Видеограмма модельного очага диаметром $d=160$ мм при тушении водой с добавлением пенообразователя «АFFF»: 1 – модельный очаг до тушения; 2, 3– модельный очаг во время тушения; 4 – момент полного подавление горения модельного очага

На рисунке 8 приведены зависимости длительности подавления термического разложения смеси ЛГМ при варьировании диаметра модельного очага горения ЛГМ при тушении жидкостным аэрозолем. Анализ рисунка показал, что наиболее эффективными являются смачиватели «Файрекс» и «Прогресс», так как имеют наименьшие интервалы времени тушения модельного очага. Смачиватели «Файрекс» и «Прогресс» позволяют повысить эффективность тушения по сравнению с водой примерно на 50 % и примерно на 45 % по сравнению с пенообразователем «АFFF».

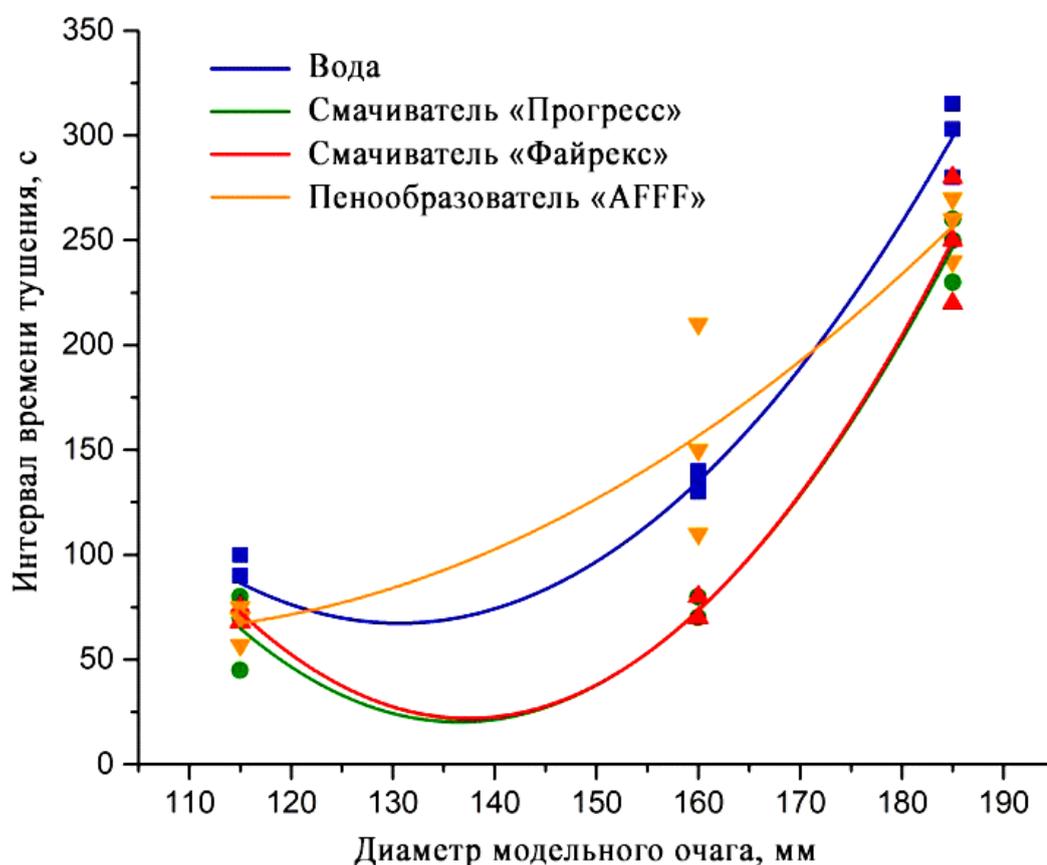


Рисунок 8 – Длительности подавления термического разложения смеси ЛГМ при варьировании диаметра модельного очага горения ЛГМ при тушении жидкостным аэрозолем

Установленные закономерности можно объяснить следующим. При распылении воды происходит образование большого водяного тумана, что способствует понижению температуры в процессе подавления реакции

термического разложения лесной подстилки в условиях модельного очага, а также это приводит к снижению тепловой энергии. Тонкораспыленное тушение способствует созданию жидкостного слоя на поверхности ЛГМ, что приводит к уменьшению не смоченной площади. Так как структура ЛГМ неоднородна (в ее составе присутствуют листья, ветки, шишки и хвоя), жидкость проникает во внутрь очага, тем самым распространяясь в слоях лесной подстилки. Такой процесс тушения приводит к уменьшению пламени горения, о чем иллюстрирует видеодиаграмма, представленная на рисунке 4.

Проведенные эксперименты показали, что при тушении водой пламенная фаза горения длится дольше, чем при тушении водой с ПАВ. Добавление в воду химических компонентов позволяет увеличить огнетушащую способность воды. При тушении водой со смачивающим химическим веществом («Файрекс», «Прогресс») ЛГМ увлажняются, сбивается пламя, ухудшается доступ кислорода, снижается поверхностное натяжение воды, способствующие ее более проникающей в мельчайшие поры подстилки. Пенообразователь «АFFF», используемый в экспериментах, также в малой степени обладает смачивающей способностью, поскольку он является смесью поверхностно-активных веществ с добавками вспомогательных химических соединений. При тушении водой с добавлением пенообразователя «АFFF» на поверхности формируется тончайший слой пленки, который практически прекращает выход летучих веществ. Пламенная фаза горения прекращается почти сразу после начала распыления, большая часть времени тушения расходуется на снижение температуры термически разлагающегося ЛГМ ниже 370 К.

2 Проектирование автоматизированной системы управления процесса приготовления эмульсий и суспензий

В данной работе разрабатывается установка для механического смешения компонентов эмульсий и суспензий, предназначенная для производства жидких растворов с определенной концентрацией какого-либо компонента методом механического перемешивания, подогрева и поддержания заданной температуры растворов. В АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий основной регулируемой величиной является расход компонентов и готовой смеси. Динамика канала «расход вещества через клапан – расход вещества через расходомер» приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Для жидкости время чистого запаздывания обычно составляет доли секунд, а значение постоянной времени – несколько секунд [18].

Для хранения и изготовления растворов необходимо четыре емкости со встроенными «рубашками» обогрева. Емкости должны быть выполнены из нержавеющей стали, в связи с коррозионной активностью компонентов эмульсий и суспензий. Поэтому была выбрана термoeмкость ТЕМ 150А компании ООО «Костамаш» [19]. В данных емкостях разогрев осуществляется электрическими обогревателями (ТЭН), встроенными в бак. Технические характеристики термoeмкости ТЕМ 150А приведены в таблице 13.

Таблица 8 – Технические характеристики и параметры термoeмкостей

Наименование	ТЕМ 150А
Объем рубашки под продукт теплоносителя, дм ³	1200
Объем заливаемой жидкости, дм ³	1020
Температура жидкости, °С	0–90
Материал изготовления	12Х18Н10Т
Выходной сигнал, мА	4–20
Напряжение питания, В	380
Стоимость, руб.	560 000

В емкости для смешения компонентов эмульсии или суспензии, четвертом баке, должно происходить механическое перемешивание рабочей жидкости. Это может быть осуществлено с помощью мешалки или гомогенизатора, которые должны быть изготовлены из нержавеющей стали. Существуют различные типы мешалок, такие как лопастные, пропеллерные, турбинные и специальные (барабанные, дисковые и вибрационные). Выбор перемешивающего органа мешалки того или другого типа сильно зависит от вязкости перемешиваемой среды и содержания в ней твердой фазы. Ориентировочные характеристики для выбора мешалок [20] приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Ориентировочные характеристики для выбора мешалок

Тип мешалок	Объем перемешиваемой жидкости, м ³	Содержание твердой фазы перемешиваемой жидкости, %	Динамическая вязкость перемешиваемой жидкости, кг/(м·с)
Лопастные	До 1,5	До 5	До 0,01
Пропеллерные	До 4	До 10	До 0,06
Турбинные: – открытые;	До 10	До 60	До 1
– закрытые	До 20	До 60 и больше	До 5
Специальные	До 20	До 75	До 5

Опираясь на характеристики из таблицы 9, выбираем пропеллерную мешалку «МПТ–300–500–5,5–380В» фирмы «Тульские машины» (таблица 10), так как пропеллерная мешалка подходит для приготовления лекарственных препаратов, катализаторов, пенообразующего раствора, топливных эмульсий, СОЖ и некоторых буровых растворов. Пропеллерная мешалка «МПТ–300–500–5,5–380В» имеет винтообразно изогнутые лопасти, которые создают интенсивные осевые вертикальные потоки, что обеспечивает перемешивание рабочей жидкости во всем объеме [21]. Один пропеллер позволяет проводить интенсивное перемешивание жидкости в зоне, высота которой равна диаметру емкости [22]. Пропеллерные мешалки предназначены для перемешивания растворов с небольшой вязкостью.

Таблица 10 – Технические характеристики и параметры пропеллерной мешалки

Наименование	МПТ–300–500–5,5–380В
Перемешиваемый объем, л	1000
Скорость вращения, об/мин	500
Потребляемая мощность, кВт	5,5
Материал изготовления	12Х18Н10Т
Выходной сигнал, мА	4–20
Напряжение питания, В	380
Стоимость, руб.	37 500

Для механического смешения вязких эмульсий или суспензий необходимо использовать турбинные, якорные или рамные мешалки, а также гомогенизаторы [22].

С применением разрабатываемого устройства возможно приготовление одновременно до трех компонентов дозой до 1000 литров. В первый, второй и третий бак заливаются химические добавки, необходимые для приготовления суспензии или эмульсии. Далее компоненты в заданной последовательности дозируются в четвертый бак, где перемешиваются с помощью мешалки, вмонтированной в емкость, и подогреваются до заданной температуры с помощью нагревательных элементов. После чего готовая эмульсия или суспензия подается по назначению.

2.1 Формулирование технических требований к системе. Выбор структуры АСУ

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

- высокая точность и стабильность приготовления и дозированияготавливаемых эмульсий и суспензий;
- модульность конструкции регулирующего устройства с возможностью замены неисправного сменного элемента;

- регулирующее устройство должно поддерживать языки программирования в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61131–3–2016 [23];
- в качестве датчиков измерения расхода необходимы датчики для измерения расхода вязких сред;
- баки для хранения и смешения компонентов эмульсий должны быть выполнены из нержавеющей стали;
- механическая мешалка должна быть выполнена из нержавеющей стали и обеспечивать перемешивание раствора во всем объеме;
- удобство технического обслуживания, эксплуатации и ремонтпригодность приборов;
- средний срок службы приборов не менее 10 лет.

На этапе выбора структуры объекта автоматизации имеются наибольшие возможности обеспечения требуемого уровня надежности, ремонтпригодности и эффективности технической системы. В данной работе рассматривалось два варианта измерения расхода рабочей жидкости. Первый вариант, структурная схема которого представлена на рисунке 9, предусматривает измерение расхода компонентов и смеси датчиками расхода ДР1, ДР2, ДР3, ДР4. Расход рабочей жидкости регулируется за счет дросселирования потока вещества через регулирующие органы РО1, РО2, РО3, РО4, установленные на трубопроводе. Значение расхода с датчиков расхода ДР1, ДР2, ДР3, ДР4 поступает в программируемый логический контроллер ПЛК, а затем на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. В ПЛК данные с ДР1, ДР2, ДР3, ДР4 сравниваются с заданным значением, если регулируемая величина равна заданному значению, то АСУ находится в состоянии равновесия. При отклонении расхода от заданного значения равновесие нарушается, ПЛК формирует сигнал рассогласования между регулируемой величиной и ее заданным значением, после чего происходит преобразование сигнала рассогласования по типовым законам регулирования. ПЛК подает выбранное управляющее воздействие на соответствующее устройство ручного управления РУ1, РУ2, РУ3, РУ4, оно

осуществляет переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно. Далее сигнал усиливается по мощности в соответствующих пусковых устройствах ПУ1, ПУ2, ПУ3, ПУ4, которые осуществляют пуск исполнительного механизма ИМ1, ИМ2, ИМ3, ИМ4. В исполнительном механизме электрический сигнал преобразуется в механическое перемещение соответствующего регулирующего органа РО1, РО2, РО3, РО4, которые открывают или прикрывают регулирующие клапаны до тех пор, пока регулируемая величина не будет равна заданному значению.

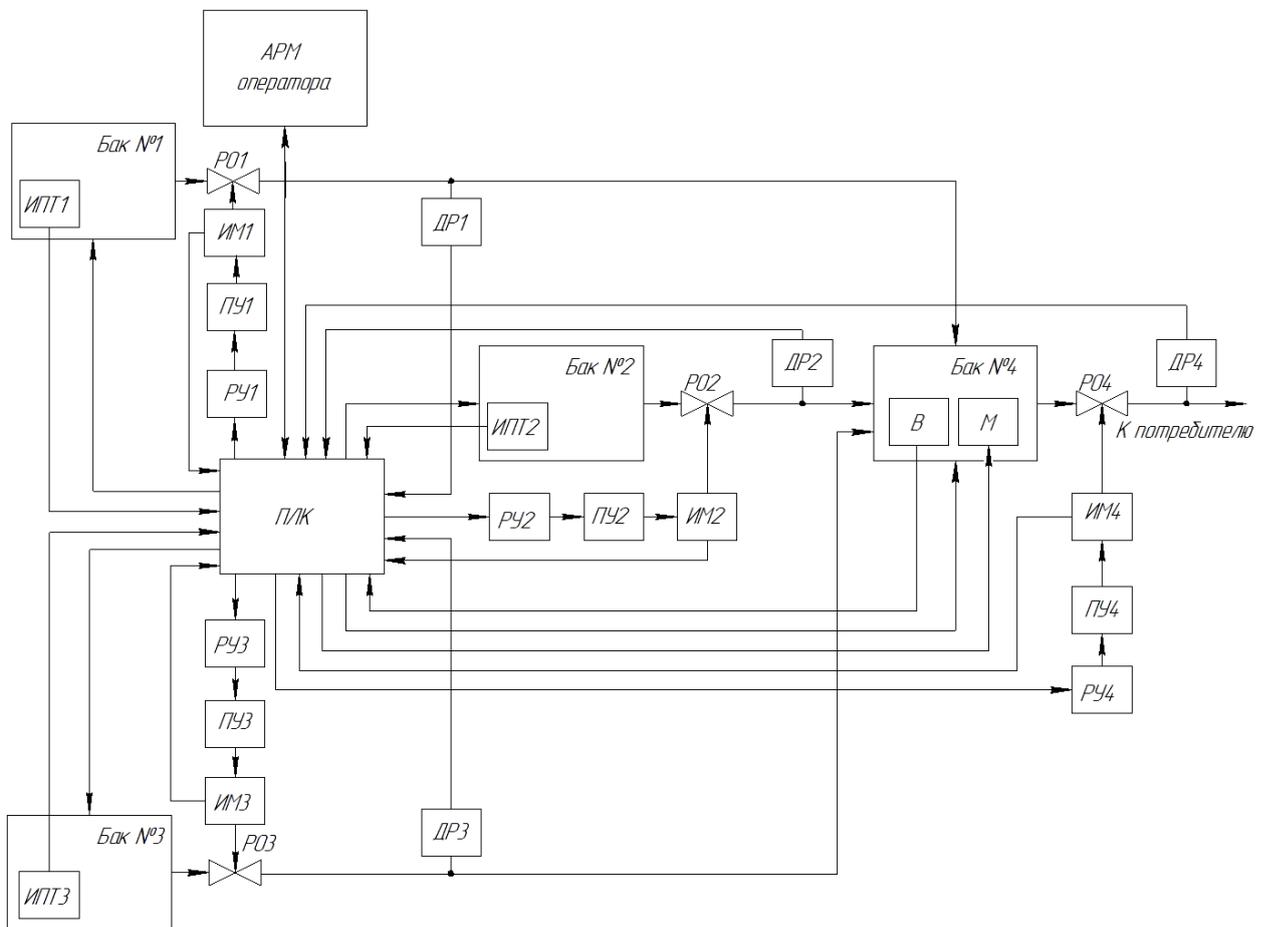


Рисунок 9 – Структурная схема АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий (измерение расхода компонентов и готовой смеси датчиками расхода): ИПТ – измерительный прибор температуры; В – вискозиметр; Р – расходомер; ПЛК – программируемый логический контроллер; М – мешалка; РО – регулирующий орган; ИМ – исполнительный механизм; ПУ – пусковое устройство; РУ – устройство ручного управления

Второй вариант системы управления (рисунок 10) предусматривает косвенное измерение расхода компонента или смеси по изменению уровня в баке. Данные о значении уровня в баках с датчиков уровня ДУ1, ДУ2, ДУ3, ДУ4 передаются в ПЛК, а затем на АРМ оператора. По прошествии времени, в ПЛК накапливается статистика изменения значения уровня компонента или смеси в баке. По этой статистике программное обеспечение проводит анализ, определяет уровни компонента или смеси в разный момент времени и вычисляет расход топлива. Вычисленный расход сравнивается с заданным значением, если регулируемая величина равна заданному значению, то АСУ находится в состоянии равновесия.

При отклонении расхода от заданного значения равновесие нарушается, ПЛК формирует сигнал рассогласования между регулируемой величиной и ее заданным значением, после чего происходит преобразование сигнала рассогласования по типовым законам регулирования. ПЛК подает выбранное управляющее воздействие на соответствующее устройство ручного управления РУ1, РУ2, РУ3, РУ4, оно осуществляет переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно. Далее сигнал усиливается по мощности в соответствующих пусковых устройствах ПУ1, ПУ2, ПУ3, ПУ4, которые осуществляют пуск исполнительного механизма ИМ1, ИМ2, ИМ3, ИМ4. В исполнительном механизме электрический сигнал преобразуется в механическое перемещение соответствующего регулирующего органа РО1, РО2, РО3, РО4, которые открывают или прикрывают регулирующие клапаны до тех пор, пока регулируемая величина не будет равна заданному значению.

Первый вариант системы регулирования подачи компонентов и готовой смеси датчиками расхода является более приемлемым, так как имеет меньший набор оборудования, а также расход компонентов или готовой смеси в баке вычисляется сразу, что увеличивает точность измерения.

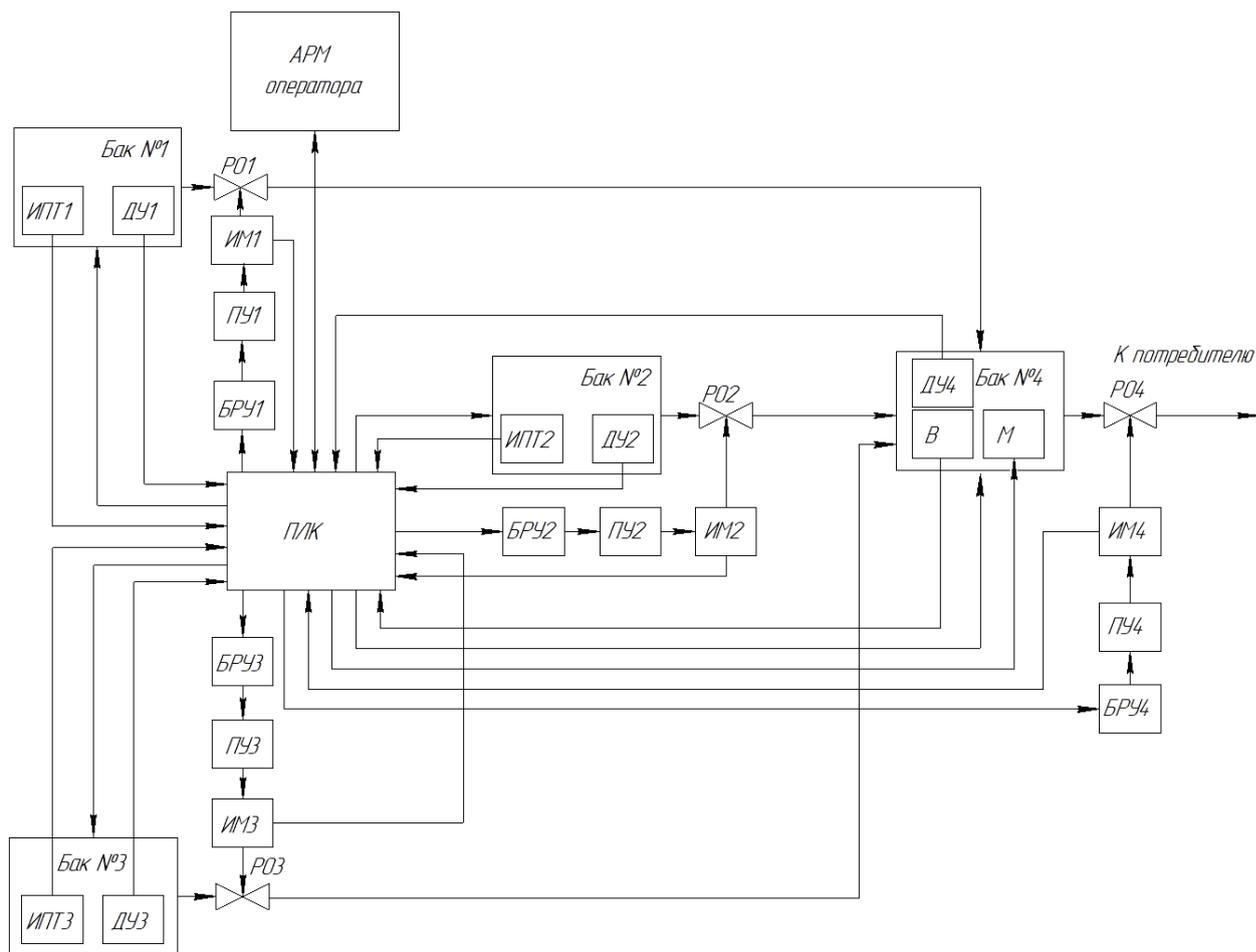


Рисунок 10 – Структурная схема АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий (измерение расхода компонентов и готовой смеси датчиками уровня): ИПТ – измерительный прибор температуры; В – вискозиметр; ДУ – датчик уровня; ПЛК – программируемый логический контроллер; М – мешалка; РО – регулирующий орган; ИМ – исполнительный механизм; ПУ – пусковое устройство; РУ – устройство ручного управления

2.2 Разработка функциональной схемы АСУ

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

Технологическое оборудование функциональной схемы изображено в виде упрощённых контуров в соответствии с ГОСТ 21.403–80 [24]. На технологических трубопроводах показывается только та регулирующая и запорная арматура, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации [25]. Приборы и вспомогательную арматуру, преобразователи, и датчики изображают на функциональной схеме в соответствии с ГОСТ 21.208–2013 [26]. Техническим средствам автоматизации, изображенным на функциональной схеме, присвоены позиционные обозначения, состоящие из двух частей. Первая часть позиционного обозначения содержит цифру, вторая часть – строчную букву.

На первом этапе разработки функциональной схемы определялись измерительные каналы и каналы управления. Измерительные каналы 1, 2, 3 посредством датчиков температуры 1а, 2а, 3а, формируют сигнал о температуре компонентов и готовой смеси. С помощью каналов 9, 10, 11, 12 происходит управление нагревательных элементов, встроенных в баки. Измерительные каналы 4, 5, 6, 7 посредством датчиков расхода 4а, 5а, 6а, 7а формируют сигнал о расходе компонентов и готовой смеси, значения поступают к регулирующим устройствам в виде унифицированного токового сигнала. Полученные сигналы с датчиков передаются на контроллер, где происходит сравнение полученных значений с заданными значениями. Затем, контроллер подаёт управляющее воздействие на пусковое устройство, что приводит в движение соответствующий исполнительный механизм 9в, 10в, 11в, 12в. С помощью канала 21 происходит управление гомогенизатором.

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

Функциональная схема АСУ приготовления эмульсий и суспензий представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.015 С2.

2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации

2.3.1 Выбор измерительного преобразователя температуры

В разрабатываемой автоматизированной системе приготовления эмульсий и суспензий регистрируется температура во всех четырех баках. Для приготовления различных эмульсий и суспензий необходимо поддерживать температуру в баках в соответствии с требуемыми нормами [10–17]. Поэтому максимальная температура в баках не будет превышать плюс 90 °С. Для измерения температуры воды и других компонентов эмульсий и суспензий используются термопреобразователи сопротивления. В данной системе предполагается установка трех термопреобразователей для регистрации температуры в трех баках с компонентами эмульсий и суспензий (первый, второй, третий баки). Для регистрации температуры смеси в четвертом баке будет установлен вискозиметр.

В данной работе рассматривались термопреобразователи фирм «Пьезоэлектрик», «Теплоприбор» и «Метран». Датчики температуры данных производителей выпускаются в виде термометров сопротивления медных (ТСМ), платиновых (ТСП) и преобразователей термоэлектрических хромель–копель (ТХК), хромель–алюмель (ТХА). Выбор происходил среди датчиков температуры с медным чувствительным элементом, так как для разрабатываемой автоматизированной системы ТСМ имеют наиболее подходящий диапазон температур.

Термопреобразователи ТСМУ–1088 фирмы «Пьезоэлектрик» предназначены для измерения температуры газообразных, жидких, сыпучих веществ, не разрушающих материал защитной арматуры, и могут быть выполнены с унифицированным аналоговым или цифровым выходным сигналом. В комплект такого датчика входит измерительный преобразователь, который монтируется в головке датчика температуры или поставляется отдельно. Длина погружной части выбирается из ряда от 50 до 2500 мм [27].

Компания «Метран» представляет большой выбор датчиков для измерения температуры. Рассмотрим термопреобразователь сопротивления серии Метран–274 медный – ТСМУ Метран–274МП, предназначенный для измерения температуры различных сред [28]. Модели термопреобразователей с обозначением «МП» являются микропроцессорными. Связь датчика с контроллером осуществляется с помощью аналогового унифицированного сигнала 4–20 мА или 0–5 мА.

Термопреобразователи медные ТСМ–105 фирмы «Теплоприбор» с коммутационной головкой применяются для непрерывного измерения температуры жидких, твердых, газообразных неагрессивных сред, а также агрессивных, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионностойкими [29]. Технические характеристики и параметры представленных термопреобразователей приведены в таблице 11.

Таблица 11 –Технические характеристики и параметры термопреобразователей

Наименование	ТСМУ Метран–274МП	ТСМ–105	ТСМУ–1088
Диапазон преобразуемых температур, °С	–50÷+100, 0÷50, –50÷+50, –50÷+150, 0÷100, 0÷180, 0÷150	–50÷+180	–50÷+150
Выходной сигнал, мА В	0÷5, 4÷20	0÷5, 0÷20, 4÷20 0÷1	0÷5, 4÷20 0,4÷2
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, ± %	0,25 0,50	0,25 0,50	0,25 0,50
Номинальная статическая характеристика	50М, 100М	50М, 100М, 53М	100М, 50М,
Длина монтажной части, мм	60, 100, 120, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 2000, 3150	80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000	50, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1500, 2500

Продолжение таблицы 11

Наименование	ТСМУ Метран–274МП	ТСМ–105	ТСМУ–1088
Материал защитной арматуры	12X18H10T, 10X17H13M2T	12X18H10T	–
Напряжение питания, В	18÷42 В (для 4÷20 мА), 36 В (для 0÷5 мА)	18÷42 В	9÷24
Стоимость, руб.	2 282	2 852	2642

Термопреобразователи ТСМУ–1088 фирмы «Пьезоэлектрик» не применяются для измерения агрессивных сред, поэтому данные ТСМ не подходят для реализации АСУ. Сравним характеристики двух других датчиков температуры. По сравнению с ТСМ «Теплоприбор» термопреобразователь фирмы «Метран» ТСМУ Метран–274 МП имеет наиболее подходящий диапазон температур, а именно от 0 °С до плюс 100 °С, и низкую стоимость. Поэтому выбираем термопреобразователи фирмы «Метран» типа ТСМУ Метран–274 с НСХ 50М, выходным сигналом 4–20 мА, пределом допускаемой основной приведенной погрешности 0,25 %, диапазоном преобразуемых температур от минус 50 °С до плюс 100 °С, длиной монтажной части 120 мм, материалом защитной арматуры 12X18H10T, напряжением питания 24 В постоянного тока (заказной номер ТСМУ–Метран–274–02–50М–120–0,25–Н10–(0...100)°С–4–20мА–ТС–ГП).

2.3.2 Выбор датчика расхода

В процессе производства эмульсий и суспензий необходимо измерять расход рабочей жидкости. Вязкость, в зависимости от получаемой эмульсии или суспензии, будет варьироваться в диапазоне от 0,01 Па·с (вода) до 1,3 Па·с (нефть). Поэтому при выборе датчика расхода необходимо учитывать особенности измеряемых сред.

В данной работе рассматривались расходомеры фирм «Взлет» и «Эй–Си Электроник».

Расходомеры фирмы «Взлет» имеют большой выбор датчиков для измерения расхода воды и вязких жидкостей. Рассмотрим некоторые из них. Расходомер УРСВ–510V серии ВЗЛЕТ МР предназначен для измерения расхода нефти, мазута и прочих нефтепродуктов, а также других вязких жидкостей [30] и состоит из первичного преобразователя расхода и вторичного измерительного преобразователя. Расходомер ультразвукового типа УРСВ–110 серии ВЗЛЕТ МР применяется для измерения объемного расхода и реверсивных потоков жидкостей (горячей и холодной воды, сточных вод, пищевых продуктов) [31]. Расходомеры фирмы «Взлет» обеспечивают вывод результатов измерения с помощью имеющихся на плате двух дискретных выходов и последовательного интерфейса RS–485 или RS–232. Технические характеристики и параметры датчиков фирмы «Взлет» представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики и параметры расходомеров серии ВЗЛЕТ МР

Наименование	УРСВ–510V	УРСВ–110
Давление, МПа	До 2,5	До 2,5
Диапазон температуры жидкости, °С	–30÷+160	–30÷+160
Приведенная погрешность измерения расхода, %	2,5	1,5
Выходные сигналы, мА	4÷20	4÷20
Вывод информации	RS–232 RS–485	RS–485
Напряжение питания, В	24	24
Стоимость, руб.	75 900	29 800

Расходомеры ультразвуковые типа US–800 фирмы «Эй–Си Электроник» предназначены для применения на предприятиях теплоэнергетической, химической, пищевой и других отраслей промышленности как средство измерения расхода и объема по одному или двум трубопроводам горячей и холодной воды, агрессивных, вязких

жидкостей. Технические характеристики и параметры расходомера типа US–800 представлены в таблице 13 [32].

Таблица 13 – Технические характеристики и параметры ультразвукового расходомера фирмы «Эй–Си Электроник»

Наименование	US800
Выходные сигналы, мА	4–20
Интерфейс	RS–485
Напряжение питания, В	24
Потребляемая мощность, Вт	17
Рабочие условия, °С	–40–+180
Приведенная погрешность измерения расхода, %	±1,5
Измерение расхода, м ³ /ч	145
Стоимость, руб.	47 040

Проведя анализ технических характеристик и параметров датчиков расхода, выбираем расходомер фирмы «Эй–Си Электроник» типа US800, так как данный расходомер подходит для измерения вязких жидкостей и имеет меньшую погрешность измерения и низкую стоимость, по сравнению с расходомером УРСВ–510V фирмы «Взлет». Выбираем расходомер одноканальный однолучевой US800–12.

2.3.3 Выбор вискозиметра

Для оценки качества выпускаемой продукции и определения соответствия вязкости полученной смеси заранее заданной, необходим вискозиметр. Как уже говорилось ранее, вязкость будет варьироваться в диапазоне от 0,01 Па·с до 1,3 Па·с. Рассмотрим вискозиметр фирм ПАО «Автоматика» и «Emerson».

Вилочные вискозиметры Micro Motion от «Emerson» – это быстрые погружные многопараметрические преобразователи для измерения вязкости, плотности и температуры в резервуарах [33]. Данные вискозиметры оборудованы новейшим и инновационным встроенным преобразователем.

Технические характеристики и параметры вискозиметра Micro Motion приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики вискозиметра Micro Motion

Наименование	FVM-1XA-720-AAC
Пределы измерения вязкости, Па·с	0,0005÷20
Пределы измерения плотности, кг/м ³	0–3000
Пределы измерения температуры, °С	–40÷+150
Выходные сигналы, мА	4÷20
Предел основной приведенной погрешности, %	±1%
Напряжение питания, В	24
Стоимость, руб.	1 200 000

Выбираем вискозиметр фирмы Emerson, так как он имеет необходимые пределы измерений и встроенный преобразователь, что упрощает монтаж оборудования и уменьшает погрешность измерений. Так как данный вискозиметр кроме вязкости и плотности будет измерять температуру полученной смеси, то необходимость установки термопреобразователя в четвертом баке не требуется.

2.3.4 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется контроллер. Для реализации задачи необходимо, чтобы он имел 14 аналоговых входов для регистрации температуры, вязкости, расхода рабочей жидкости и 9 аналоговых выходов для управления гомогенизатором и баками. В данной работе рассматриваются 2 контроллера от различных производителей, таких как «Siemens AG» и «ОВЕН». Проведем сравнение характеристик этих контроллеров.

Программируемый логический контроллер фирмы «ОВЕН» ОВЕН ПЛК73 предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на транспорте, в различных областях промышленности, жилищно–коммунального и сельского хозяйства. Технические характеристики ОВЕН ПЛК73 [35] приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики и параметры ОВЕН ПЛК73

Наименование	ОВЕН ПЛК73
Центральный процессор	32–разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Напряжение питания, В	90–245
Параметры встроенного вторичного источника питания, В	выходное напряжение 24±3, ток не более 180 мА
Потребляемая мощность для переменного тока не более, В	18
Количество аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	8
Интерфейсы	RS–485, RS–232
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, GateWay(протокол CoDeSys)
Стоимость, руб.	12 921

ОВЕН ПЛК73 имеет 8 аналоговых входов. Для увеличения количества входов необходимо два модуля аналоговых сигналов фирмы «ОВЕН» MB110–224.8А [36] и MB110–224.2А [37]. Для увеличения количества выходов два модуля аналоговых сигналов фирмы «ОВЕН» МУ110–224.8И [38]. Технические характеристики модулей представлены в таблице 16. Для подключения к контроллеру модуля ввода и модуля вывода аналоговых сигналов используется интерфейс RS–485.

Таблица 16 – Технические характеристики и параметры модулей

Наименование	MB110–224.8А	MB110–224.2А	МУ110–224.8И
Напряжение питания, В	220 В		
Потребляемая мощность, Ва	6		
Кол–во аналоговых входов	8	2	0
Кол–во аналоговых выходов	0	0	8
Предел основной приведенной погрешности, %	±0,5		
Интерфейс связи с компьютером	RS–485		
Максимальная скорость обмена по интерфейсу RS–485	115200 бит/сек		
Протокол связи, используемый для передачи информации	ОВЕН; ModBus–RTU; ModBus–ASCII; DCON		
Средний срок службы, лет	10		8
Стоимость, руб.	6 313	4 661	8 614

Рассмотрим контроллеры SIMATIC S7–300 – это универсальные модульные программируемые контроллеры из линейки контроллеров SIMATIC S7 концерна «Siemens AG» для решения задач автоматизации низкого и среднего уровня сложности [39]. Данные контроллеры имеют широкий спектр модулей для максимальной адаптации к требованиям решаемой задачи. Базовая стойка однорядной конфигурации контроллера содержит следующие модули: центральный процессор (CPU), блок питания (PS) и до 8–ми сигнальных, функциональных или коммутационных модулей (SF/FM/CP). Для решения требуемых задач автоматизации выберем следующие модули:

- центральный процессор CPU 314 (таблица 17), заказной номер 6ES7314–1AE13–0AB0, предназначен для построения небольших систем управления, включающих в свой состав до восьми сигнальных, функциональных и коммуникационных модулей, стоит 19 000 руб.;

- блок питания PS 307, заказной номер 6ES7 307–1EA01–0AA0, предназначен для питания программируемого контроллера напряжением 24 В постоянного тока, имеет напряжение питания 120/230 В переменного тока и выбор уровня напряжения переключателем, стоимость 10 575 руб.;

- два модуля ввода аналоговых сигналов SM 331, заказной номер 6ES7 331–7NF00–0AB0, предназначенных для подключения к контроллеру аналоговых датчиков, выполнения аналогово–цифровых преобразований входных аналоговых сигналов и формирования цифровых величин, используемых центральным процессором в ходе выполнения программы, имеющих 8 аналоговых входов с выбором вида измеряемых сигналов, напряжение питания входной электроники модуля 24 В, стоимость 35 000 руб.;

- два модуля вывода аналоговых сигналов SM 332, заказной номер 6ES7332–5NF00–0AB0, предназначенных для цифро–аналогового преобразования внутренних цифровых сигналов контроллера в его выходные аналоговые сигналы и имеющие 8 аналоговых выходов и стоимость 37 732 руб.;

– коммуникационный модуль CP 343–1, заказной номер 6GK7343–1EX30–0XE0, предназначен для подключения программируемого контроллера S7–300 к сети Industrial Ethernet/ PROFINET, оснащен встроенным микропроцессором, позволяет получать дополнительные коммуникационные соединения, а также разгружать центральный процессор программируемого контроллера от обслуживания коммуникационных задач, имеет стоимость 82 320 рублей.

Таблица 17 – Характеристика и параметров центрального процессора CPU 314

Наименование	CPU 314
Рабочая память, Кб	128
Время выполнения: логических операций, операций с фиксированной точкой, операций с плавающей точкой	0,06 0,16 0,59
Количество флагов/ таймеров/ счетчиков	2048/256/256
Количество каналов вводов – вывода, дискретных/аналоговых, не более	16384/1024
Языки программирования	STEP 7 (LAD, FBD, STL), S7–SCL, S7–GRAPH
Напряжение питания, В	24
Стоимость, руб.	19 000

Выбираем ПЛК SIMATIC S7–300, так как эти контроллеры занимают маленькое пространство, удобны в использовании, имеют легкое перенастраивание оборудования и простую установку модулей (модули устанавливаются на профильную шину и подключается к внутренней шине контроллера через шинный соединитель). Конструкция контроллера отличается высокой гибкостью и удобством обслуживания: модули имеют единую глубину корпуса и съемные клеммы, благодаря чему облегчается подключение и замена цепей. Все кабели располагаются в монтажных каналах модулей и закрываются изолирующими защитными дверцами.

2.3.5 Выбор исполнительного механизма

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

Максимальный крутящий момент вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 65 - 338 = 110 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1)$$

где D_y – условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе учитывалось условие:

$$M_H > M_{\max}, \quad (2)$$

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

Выбираем исполнительный механизм типа МЭО–250/25–0,25–Р–99 [40]. Управление механизмом происходит в автоматическом и ручном режимах. Управлять механизмами можно бесконтактно, посредством ПБР. На механизм установлен блок сигнализации положения выходного вала токовый БСПТ–10М с унифицированным сигналом 0–5, 0–20, 4–20 мА, электрическое питание которым осуществляется напряжением 24 В. Цена исполнительного механизма составляет 19 000 рублей.

2.3.6 Выбор устройства ручного управления

В качестве устройства ручного управления будем использовать блок ручного управления БРУ–42–03. Блок оснащён устройствами для ручного или переключения дистанционным вариантом с автоматического способа управления на вид ручного режима, и наоборот, имеет управление при помощи кнопок интегрирующими исполнительными механизмами, оснащен световой индикацией режимов любого управления, и выходным сигналом регулирующего устройства, имеющего импульсный выходной сигнал, имеет функцию определения положений регулирующих органов. Входной сигнал стрелочного индикатора блока 4–20 мА. Электрическое питание блока осуществляется напряжением 24 В [41]. Средний срок эксплуатации до списания блока – 10 лет, стоимость 4 484 рублей.

2.3.7 Выбор пускового устройства

В качестве пускового устройства будем использовать пускатель бесконтактный реверсивный ПБР–2МП, предназначенный для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами, в приводе которых используются однофазные конденсаторные электродвигатели. Электрическое питание пускателя осуществляется напряжением 220 В. Входной сигнал управления от регулятора 4–20 мА [42]. Цена пускового устройства составляет 5 500 рублей.

Решения по выбору технических средств автоматизации приведены в заказной спецификации, представленной в приложении А. Спецификация предназначена для составления на ее основе заказа на средства измерения, а также для облегчения чтения проектной документации.

2.4 Разработка принципиальной электрической схемы АСУ

На принципиальной электрической схеме указывают полный состав приборов, аппаратов и устройств, и связей между ними. Принципиальные электрические схемы показывают принцип действия системы и являются основными чертежами для разработки монтажных схем, проведения пусконаладочных работ и при эксплуатации систем автоматизации. При выполнении электрической схемы используются развернутые изображения элементов технических средств. Принципиальная электрическая схема выполнена с применением условных графических изображений. Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют расстояние между соседними параллельными линиями не менее 5 мм.

При разработке принципиальной электрической схемы выполняем нанесение на схему технических средств автоматизации в соответствии со стандартами, производим соединение проводок с клеммами устройств по требованиям заводов изготовителей оборудования [19, 21, 32–34, 39–43].

Для упрощения чтения принципиальной электрической схемы и эксплуатации электрических установок, при разработке схем производим обозначения цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Для обозначения участков цепей схем применяются арабские цифры одного размера, для цепей управления, регулирования и измерения используется группа чисел от 1 до 100, для цепей питания – от 101 до 200. Последовательность обозначений – сверху вниз в направлении слева направо. Адресация входов модулей ПЛК имеет вид IX 1.2.10, где I означает вход (Q – выход), 1 – первая профильная шина, 2 – модуль располагается на шине на втором месте, 10 – десятый вход в модуле.

Для питания датчиков температуры, вискозиметра, датчиков расхода, блоков сигнализации положения токовых БСПТ выбран блок питания HR–60–24 компании ЗАО «ЧИП и ДИП» в количестве 4 шт. [43]. Данный блок питания монтируется на DIN–рейку, имеет входное напряжение 220 В, выходное напряжение 24 В, выходную мощность 15 Вт, выходной ток до 2,5 А, стоимость 1 480 рублей. Блок питания выбирался по следующим требованиям: источник питания должен обеспечивать необходимую мощность для питания всех потребителей, мощность источника питания должна быть на 15–20% больше суммарной мощности потребителей. Резерв мощности необходим для устойчивой работы в режиме пускового тока потребителей, поскольку питаемые электроустановки во время запуска могут потреблять больший ток, чем во время постоянной работы.

Получение информации о значениях расхода рабочей жидкости осуществляется при помощи измерительных датчиков расхода В10–В13. Центральный процессор контроллера А8 получает питание в виде постоянного напряжения 24 В от блока питания G1 (ХТ 1.2, клеммы 1, 2), который в свою очередь получает питание от сети переменного напряжения 220 В. Установленные на исполнительных механизмах М1–М4 блоки сигнализации положения выходного вала токовые БСПТ–10 получают питание в виде постоянного напряжения 24 от соответствующих блоков питания G2–G5,

которые получает питание от сети переменного напряжения 220 В. Термопреобразователи сопротивления В3, В4 и В7, а также мешалка В9 преобразуют измеряемые величины в унифицированные токовые сигналы 4–20 мА, которые поступают на соответствующие входы модуля ввода аналоговых сигналов А4. Термoeмкости В2, В5, В6, В8 подключены к модулю вывода аналоговых сигналов А3, вискозиметр В1 к модулю А2. Электропитание датчиков расхода, вязкости, температуры осуществляется от блоков питания G2–G5 постоянным напряжением 24 В.

Схема электрическая принципиальная АСР расхода эмульсий приведена на листах со следующим шифром: ФЮРА.421000.015 Э3. Перечень элементов схемы приведен в приложении В.

2.5 Разработка монтажной схемы

Монтажные схемы показывают, каким образом подключены внешние элементы к блокам или сборкам зажимов и к элементам, подключенным внутри щитовой конструкции, минуя блоки или сборки зажимов.

На чертеже монтажной схемы изображены очертания развернутых в одной плоскости внутренних стенок щита с упрощенными изображениями элементов системы автоматизации.

В данном проекте необходимо разработать монтажную схему АСР расхода эмульсий, для этого нужно выполнить следующие этапы:

- 1) нанести на монтажную схему технические средства автоматизации, в соответствии с принятыми обозначениями;
- 2) выбрать проводки для соединения технических средств по требованиям заводов изготовителей оборудования [19, 21, 32–34, 39–43];
- 3) произвести нумерацию проводников в соответствии с электрической схемой;
- 4) выполнить подключения средств измерения и управления в шкаф автоматизации.

В верхней левой части чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Под таблицей с поясняющими надписями расположены средства автоматизации, устанавливаемые непосредственно на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах. Средства автоматизации с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами. Внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним жил проводов или кабелей. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа вблизи клемм.

Для линий питания (220 В, 380 В) выбран кабель с алюминиевыми жилами типа АВВГ [44], а для информационных линий и линий питания выбраны кабеля типа КВВГ [45] и МКЭШ [46]. В щите автоматизации для соединения сборок зажимов с контроллером и блоками питания используем провод с медной жилой и изоляцией из поливинилхлоридного пластика марки ПВ–1. Порядковые номера проводкам на схеме присвоены слева направо и сверху вниз.

Щит автоматизации изображен в виде прямоугольника в нижнем углу. На свободном поле прямоугольника нанесено наименование щита. В прямоугольнике показаны контроллер, блоки питания и блоки зажимов.

Монтажная схема приведена на листе формата А2 с шифром ФЮРА.420000.015 С4. Перечень элементов схемы приведен в приложении С.

2.6 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ

На щитах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно–измерительные приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними. Щиты систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных. Общие виды щитов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями,

необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок.

Для размещения средств автоматизации используем шкаф АЕ 1060.500, имеющий габаритные размеры 600x600x210 мм [47]. Чертеж общего вида единичного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей. Вид спереди и на внутренние плоскости выполнен в масштабе 1:5. Чертеж общего вида щита был разработан с использованием монтажной схемы с шифром ФЮРА.420000.015 С4.

На щите расположен контроллер Siemens Simatic S7–300, модули которого размещены на одной стойке в соответствии со справочным руководством [39]. Монтаж модулей происходит на специальную профильную шину S7–300 в следующем порядке – на нулевое место ставится блок питания, на первое – центральный процессор, дальше в произвольном порядке ставятся сигнальные и коммуникационные модули. Так же на щите размещены блоки питания [43] и блоки зажимов [48]. На виде спереди единичного щита проставлены габаритные размеры щита и размеры, координирующие установку на нем контроллера, блоков питания и блоков зажима.

Общий вид щита представлен на чертеже ФЮРА.421000.015 СБ.

3 Расчет параметров настройки регулятора

3.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта представляет собой совокупность методов для получения математических моделей объекта управления по данным наблюдений. Существует активная и пассивная идентификация. В первоначальной разработке математической модели используют активную идентификацию. В этом случае на входы объекта подаются тестовые сигналы специального вида (ступенчатые и импульсные временные сигналы, гармонические сигналы, случайные воздействия с заданными параметрами) и по реакции объекта при обработке результатов получают математическую модель.

Процесс изменения во времени выходной переменной, вызванный ступенчатым входным воздействием, называется кривой разгона. В данной работе для получения кривой разгона, представленной на рисунке 11, была использована динамическая модель изменения расхода (F) по времени (t) в трубопроводе после четвертого бака. Дискретность времени составила 5 секунд.

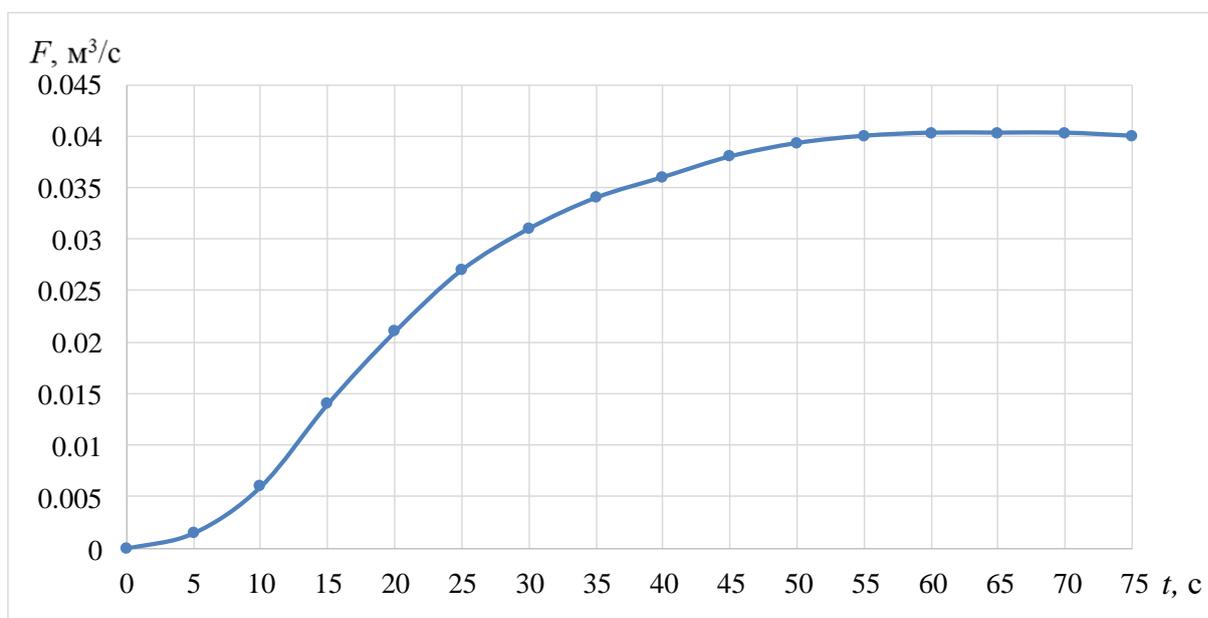


Рисунок 11 – Кривая разгона объекта управления

Кривая разгона служит для определения динамических свойств объекта, таких как постоянная времени – T ; запаздывание – τ , коэффициент передачи объекта – k .

Передаточная функция для кривой разгона представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP + 1)} e^{-P\tau}, \quad (3)$$

где k – коэффициент передачи объекта;

T – постоянная времени;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания.

При нулевых начальных условиях решение формулы (3) имеет следующий вид:

$$\begin{cases} h(t) = 0, & 0 \leq t \leq \tau; \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right], & t > \tau. \end{cases} \quad (4)$$

Получаем два неизвестных значения – время запаздывания и постоянная времени. Для определения неизвестных на кривой разгона строим две точки А и Б. Точка А определяется как $0,33 k$, а точка Б – $0,7 k$. Постоянная времени и время запаздывания определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)}, \quad (5)$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)}, \quad (6)$$

где t_A и t_B – значение времени для точек А и Б на кривой;

h_A и h_B – значение ординат для точек А и Б на кривой.

Далее определяем расположение точек А и Б на кривой разгона (рисунок 12) и находим необходимые параметры: $h_A = 0,0133$, $h_B = 0,0282$, $t_A = 14$ с, $t_B = 26,5$ с.

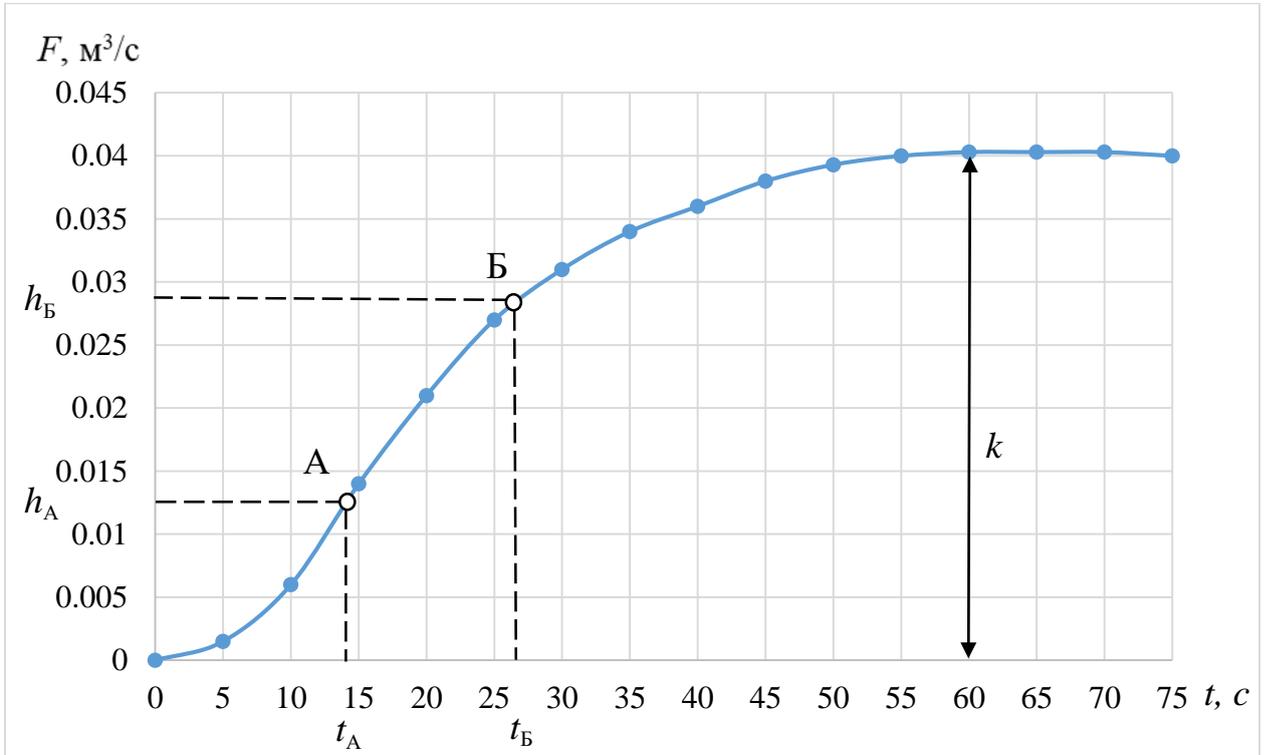


Рисунок 12 – Определение точек А и Б на кривой разгона

Для точности производится расчет по интерполяционному методу Ормана. Постоянная времени и время запаздывания вычисляются по формулам:

$$\tau = 0,5(3 \cdot t_A - t_B), \quad (7)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A). \quad (8)$$

В формулы (7) и (8) подставляем значения времени для точек А и Б на кривой разгона и получаем:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 14 - 26,5) = 7,75 \text{ с,}$$

$$T = 1,25(26,5 - 14) = 15,6 \text{ с.}$$

В формулу (3) подставляем найденные значения коэффициента передачи объекта, постоянной времени и времени запаздывания объекта, тогда передаточная функция примет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{0,0403}{(15,6 \cdot P + 1)} e^{-7,75P}. \quad (9)$$

3.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 13 представлена структурная схема системы регулирования, где S – сигнал задания, ε – ошибка регулирования, $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора, f – возмущение, $W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта, y – выходной сигнал.

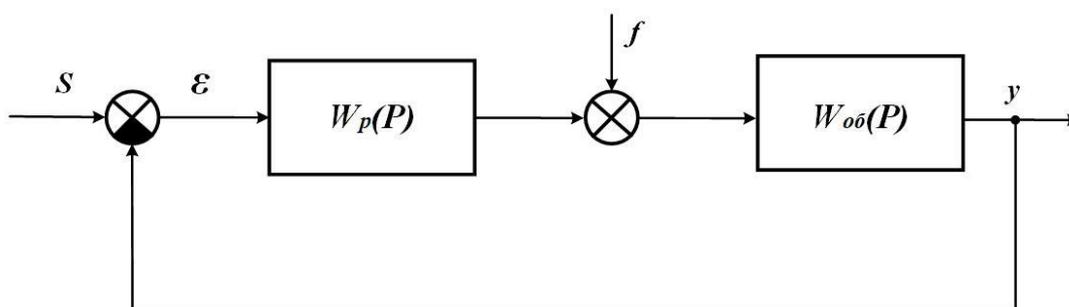


Рисунок 13 – Структурна схема системы регулирования

Выбор законов регулирования производится исходя из требуемого качества переходных процессов. Так, например, для регулирования расхода без статической погрешности в одноконтурных АСР применяют ПИ–регуляторы. Если АСР расхода является внутренним контуром в каскадной системе регулирования, регулятор расхода может осуществлять П–закон регулирования. Применение ПД– или ПИД–регуляторов не рекомендуется, так как при наличии высокочастотных помех в сигнале расхода применение регуляторов с дифференциальными составляющими в законе регулирования без предварительного сглаживания сигнала может привести к неустойчивой работе системы [18]. Поэтому выбираем ПИ–регулятор.

Определим значение заданной степени колебательности из выражения:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi). \quad (10)$$

Расчет системы производится при степени затухания переходных процессов в системе равной $\psi=0,8$. Подставим заданную степень затухания в формулу (10) и рассчитаем степень колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \ln(1 - 0,8) = 0,256.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой (9).

Определим расширенные амплитудно-фазовые частотные характеристики (РАФЧХ) объекта регулирования, которые можно получить, подставив в формулу (9) оператор $p = -m\omega + i\omega$ или $p = -\eta + i\omega$, где ω – частота, c^{-1} . В первом случае расчётные формулы метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы, а во втором – получение границы заданной степени устойчивости системы в пространстве параметров настройки регулятора. Определим РАФЧХ объекта, подставив в формулу (9) оператор $p = -m\omega + i\omega$:

$$\begin{aligned} W_{ог}(p) &= \frac{K \cdot e^{-\tau(-m\omega + i\omega)}}{T \cdot (-m\omega + i\omega) + 1} = \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} \cdot e^{-i\omega\tau}}{(1 - Tm\omega) + iT\omega} = \\ &= \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} (\cos(\omega\tau) - i \cdot \sin(\omega\tau)) \cdot [(1 - Tm\omega) + iT\omega]}{(1 - Tm\omega)^2 + T^2\omega^2} = \\ &= \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} ((1 - Tm\omega)\cos(\omega\tau) - T\omega \cdot \sin(\omega\tau))}{(1 - Tm\omega)^2 + T^2\omega^2} - i \cdot \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} ((1 - Tm\omega)\sin(\omega\tau) - T\omega \cdot \cos(\omega\tau))}{(1 - Tm\omega)^2 + T^2\omega^2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Для удобства расчета введем обозначения:

$$A_1 = 1 - Tm\omega, \quad (12)$$

$$A_2 = T\omega, \quad (13)$$

$$A_0 = A_1 + A_2, \quad (14)$$

$$A_3 = \frac{A_1 K}{A_0}, \quad (15)$$

$$A_4 = \frac{-A_2 K}{A_0}, \quad (16)$$

$$A_5 = e^{m\omega\tau}. \quad (17)$$

Тогда выражения для составляющих РАФЧХ рассчитываются по следующим формулам:

$$Re_{o6}(m, \omega) = A_5 [A_3 \cos(\omega\tau) + A_4 \sin(\omega\tau)], \quad (18)$$

$$Im_{o6}(m, \omega) = A_5 [A_4 \cos(\omega\tau) - A_3 \sin(\omega\tau)], \quad (19)$$

$$A_{o6}^2(m, \omega) = Re_{o6}(m, \omega) + Im_{o6}(m, \omega). \quad (20)$$

Параметры настройки ПИ–регулятора рассчитываются как:

$$\frac{k_p}{T_i} = -\frac{\omega(m^2 + 1)Im_{o6}(m, \omega)}{A_{o6}^2(m, \omega)}, \quad (21)$$

$$k_p = -\frac{mIm_{o6}(m, \omega) + Re_{o6}(m, \omega)}{A_{o6}^2(m, \omega)}. \quad (22)$$

С помощью математического программного обеспечения MathCad рассчитываем РАФЧХ объекта регулирования. Результаты расчетов сведены в таблицу 18.

Таблица 18– Расширенные частотные характеристики объекта

ω	Re	Im	k_p/T_i	k_p
0	0,0403	0	0	-24,8139
0,009	0,0411475	-0,008958	0,048444	-21,90981
0,018	0,0390915	-0,018084	0,186962	-18,576
0,027	0,0342986	-0,026092	0,404189	-14,87143
0,036	0,0275944	-0,032021	0,687435	-10,85592
0,045	0,0200729	-0,035535	1,022948	-6,589678
0,054	0,0126738	-0,036854	1,396166	-2,13275
0,063	0,0059833	-0,036479	1,791981	2,4554107
0,072	0,000254	-0,03495	2,194986	7,1164216
0,081	-0,004483	-0,032713	2,589724	11,79339
0,09	-0,008311	-0,030093	2,960921	16,431313
0,099	-0,011355	-0,027305	3,293715	20,97745
0,108	-0,013744	-0,024486	3,573866	25,381661
0,117	-0,015593	-0,021715	3,787955	29,596714

Продолжение таблицы 18

w	Re	Im	k_p/T_n	k_p
0,126	-0,017	-0,019037	3,923563	33,578562
0,135	-0,018045	-0,016476	3,969438	37,286581
0,144	-0,01879	-0,014041	3,915636	40,683783
0,153	-0,019286	-0,011734	3,753651	43,736983
0,162	-0,019573	-0,009554	3,476516	46,416944
0,171	-0,019682	-0,007495	3,078894	48,698478
0,18	-0,01964	-0,005554	2,557138	50,56052
0,189	-0,019466	-0,003724	1,909334	51,98617
0,198	-0,019177	-0,002001	1,135329	52,962694
0,207	-0,018787	-0,000379	0,236728	53,481506
0,209	-0,018688	-3,2E-05	0,020422	53,534109

Для удобства и визуализации по данным таблицы 18 строится график зависимости (рисунок 17). Полученная кривая является линией заданной степени затухания процесса регулирования. Все значения, лежащие на этой кривой, обеспечивают заданную степень затухания. Значения, лежащие внутри области, ограниченной данной кривой и осями координат, обеспечат процесс регулирования со степенью затухания больше заданной, а лежащие вне этой области – со степенью затухания меньше заданной.

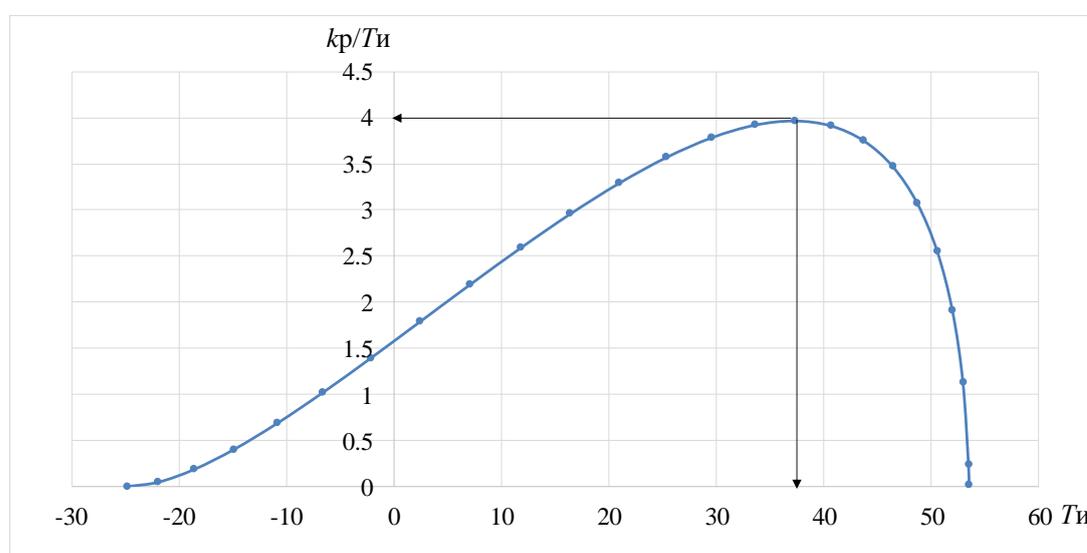


Рисунок 17 – Параметры настройки ПИ-регулятора

Значение постоянной интегрирования определяем по формуле:

$$T_{\text{И}} = \frac{K_p}{K_p/T_{\text{И}}} \quad (23)$$

Из таблицы 17 определяем максимальное значение соотношения $\max(K_p/T_{\text{И}}) = 3.969438$ при $K_p = 37.286581$ и резонансной частоте $\omega = 0,135 \text{ с}^{-1}$ и подставляем в формулу (23):

$$T_{\text{И}} = \frac{37,286581}{3,969438} = 9,39 \text{ с.}$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{\text{об}}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{\text{об}}(P) \cdot W_p(P)} \quad (24)$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой 9, передаточная функция ПИ–регулятора следующей формулой:

$$W_p(P) = K_p + \frac{K_p}{T_{\text{И}} \cdot P} \quad (25)$$

После подстановки формулы (25) в формулу (24), получим выражение для передаточной функции замкнутой АСР по каналу задающего воздействия:

$$W(P) = \frac{W_{\text{об}}(P) \cdot (K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P})}{1 + W_{\text{об}}(P) \cdot (K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P})} = \frac{K_p \cdot W_{\text{об}}(P) \cdot (T_u \cdot P + 1)}{T_u \cdot P + K_p \cdot W_{\text{об}}(P) \cdot (T_u \cdot P + 1)} \quad (26)$$

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. Для этого получим выражение для амплитудно–фазовой частотной характеристики замкнутой системы путем замены в формуле (26) оператора P на $i\omega$:

$$W(i\omega) = \frac{K_p \cdot W_{\text{об}}(i\omega) \cdot (T_u \cdot i \cdot \omega + 1)}{T_u \cdot i \cdot \omega + K_p \cdot W_{\text{об}}(i\omega) \cdot (T_u \cdot i \cdot \omega + 1)} \quad (27)$$

С помощью программного обеспечения MathCad рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР при задающем воздействии. Результаты расчетов сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Вещественно частотная характеристика системы

$Re(w)$	w, c^{-1}	$Re(w)$	w, c^{-1}
0,00	1,00	0,25	-0,41
0,01	1,00	0,26	-0,34
0,02	1,02	0,27	-0,28
0,03	1,04	0,28	-0,23
0,05	1,11	0,30	-0,15
0,06	1,14	0,31	-0,11
0,07	1,17	0,32	-0,08
0,09	1,15	0,34	-0,03
0,10	1,03	0,35	-0,01
0,11	0,73	0,36	0,01
0,12	0,17	0,37	0,03
0,13	-0,63	0,38	0,04
0,14	-1,40	0,39	0,06
0,15	-1,80	0,40	0,07
0,16	-1,82	0,41	0,08
0,17	-1,64	0,42	0,09
0,18	-1,41	0,43	0,10
0,19	-1,19	0,44	0,11
0,20	-1,00	0,45	0,11
0,21	-0,83	0,46	0,12
0,22	-0,70	0,47	0,12
0,23	-0,58	0,48	0,13
0,24	-0,49	0,49	0,13

На рисунке 18 представлен график вещественной частотной характеристики, построенный по данным таблицы 19.

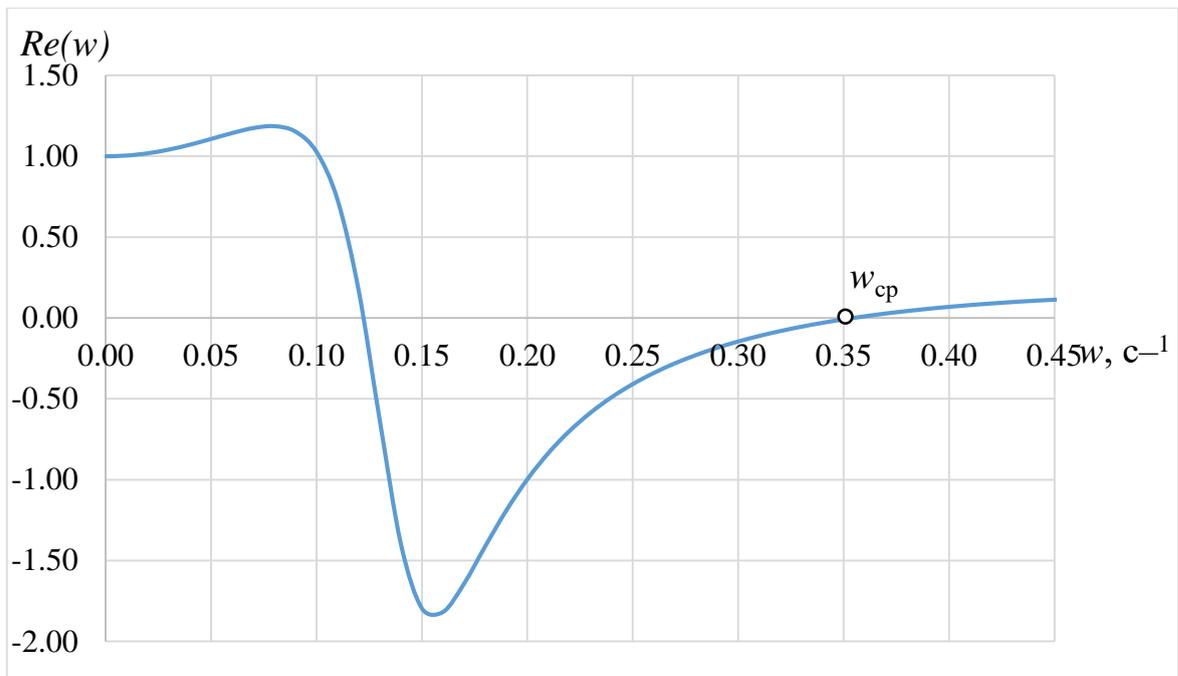


Рисунок 18 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы может быть определена по вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y_{F-Y}(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (28)$$

где t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется значение частоты, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к нулю, частоты среза. Из рисунка 18 определяем частоту среза $w_{cp}=0,35 \text{ c}^{-1}$. Тогда конечный вид формулы (28) примет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,35} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega. \quad (29)$$

С помощью программного обеспечения MathCad рассчитываем переходную характеристику замкнутой АСР. Результаты расчетов сведены в таблицу 20.

Таблица 20 – Результаты расчета переходного процесса

$y(t)$	t	$y(t)$	t
0	0	1,008	130
-0,032	5	0,997	135
0,237	10	0,991	140
0,783	15	0,99	145
1,315	20	0,993	150
1,58	25	0,998	155
1,54	30	1,003	160
1,307	35	1,005	165
1,025	40	1,004	170
0,814	45	1,002	175
0,737	50	1	180
0,789	55	0,998	185
0,909	60	0,998	190
1,028	65	0,998	195
1,102	70	0,999	200
1,115	75	1	205
1,078	80	1,001	210
1,021	85	1,001	215
0,973	90	1,001	220
0,95	95	1	225
0,952	100	1	230
0,973	105	1	235
0,999	110	1	240
1,017	115	1	245
1,023	120	1	250

На рисунке 19 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия, с помощью которого была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет заданным требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

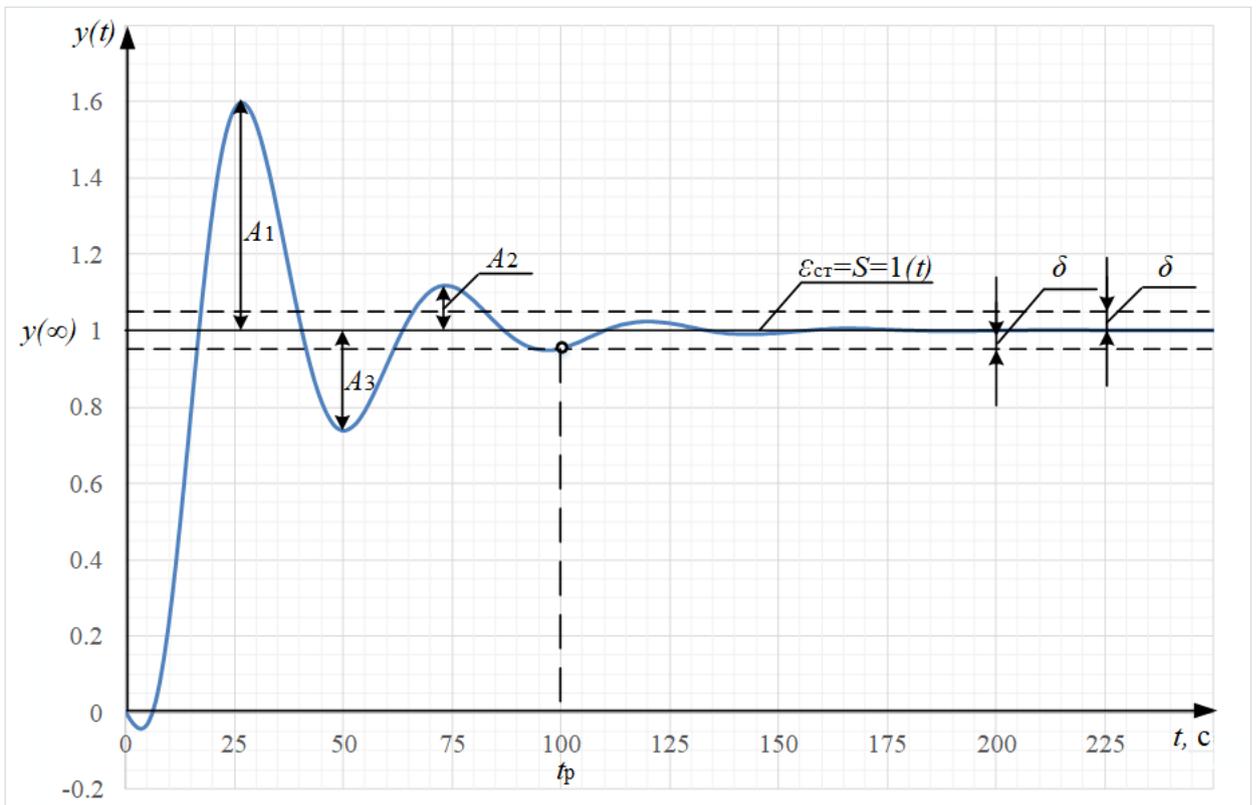


Рисунок 19 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

Используя данные рисунка 19, проведем оценку качества переходного процесса. Определим следующие прямые критерии качества:

- 1) максимальная динамическая ошибка $A_1 = 0,59$;
- 2) перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100\%, \quad (30)$$

где $y(\infty)$ – установившееся значение регулируемой величины;

$$\sigma = \frac{0,59}{1} \cdot 100\% = 59\% ;$$

- 3) статическая ошибка:

$$\varepsilon_{ст} = S - y(\infty), \quad (31)$$

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

$$\varepsilon_{ст} = 1 - 1 = 0 ;$$

4) степень затухания переходного процесса:

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1}, \quad (32)$$

$$\psi = \frac{0,59 - 0,115}{0,59} = 0,805;$$

5) время регулирования $t_p = 100$ с, при величине:

$$\delta = 0,05 \cdot y(\infty), \quad (31)$$

$$\delta = 0,05 \cdot 1 = 0,05.$$

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

Студентки:

Группа	ФИО
5Б4В	Щенниковой Оксаны Сергеевны

Учебное подразделение	ИШЭ	Профиль	АТП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Должностной оклад инженера – 17 000 руб., научного руководителя – 19 500 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 30 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные фонды 30 % от фонда оплаты труда

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Планирование работ и оценка их выполнения</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2. <i>Смета затрат на проект</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	3. <i>Смета затрат на оборудование</i> 4. <i>Оценка экономической эффективности проекта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.04.2018
------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Щенникова Оксана Сергеевна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является оценка разработки и реализации автоматизированной системы управления процессом приготовления эмульсий и суспензий.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

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

4.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Определение состава работ выполняется с целью получения точного и полного расписания проекта с учетом работ, их длительностей, которое служит основой для исполнения проекта.

В таблице 21 перечислены все виды выполняемых работ и время их выполнения. В качестве исполнителей представлены инженер и научный руководитель.

Таблица 21 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

Наименование работ	Кол-во исполнителей	Продолжительность, дней
1. Выдача и получение задания	Инженер	1
	Научный руководитель	1
2. Обзор мировых работ, связанных с производством эмульсий и суспензий	Инженер	15

Продолжение таблицы 21

Наименование работ	Кол–во исполнителей	Продолжительность, дней
3. Проведение экспериментальных исследований, направленных на изучение влияния специализированных добавок на тушение пожаров	Инженер	31
	Научный руководитель	5
4. Анализ результатов исследования	Инженер	11
	Научный руководитель	4
5. Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования	Инженер	15
6. Разработка принципиальной электрической и монтажной схем и щита	Инженер	10
7. Проектирование мнемосхемы	Инженер	10
8. Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	20
Итого	Инженер	113
	Научный руководитель	10

4.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнение проекта рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{\Pi} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (32)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты, руб.;

$K_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату;

$K_{\text{с.о.}}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

4.2.1 Материальные затраты

В материальные затраты включаются затраты на приобретение канцелярских товаров в размере 1000 рублей.

4.2.2 Амортизация компьютерной техники

Для выполнения экспериментальных исследований и разработки АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий использовалась компьютерная техника, общее время использования составило 104 дня. Рассчитаем амортизацию компьютерной техники по следующей формуле:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{к.вр}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (33)$$

где $T_{\text{исп.кт}}$ – время использования компьютерной техники;

$T_{\text{к.вр}}$ – календарное время;

$C_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники.

$$K_{\text{ам}} = \frac{104}{365} \cdot 25\,000 \cdot \frac{1}{5} = 1\,424 \text{ руб./год}$$

4.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата – вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные и стимулирующие выплаты [49]. Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{ф}}^{\text{инж}} + ЗП_{\text{ф}}^{\text{нр}}, \quad (34)$$

где $ЗП_{\text{ф}}^{\text{инж}}$ – заработная плата инженера, руб;

$ЗП_{\text{ф}}^{\text{нр}}$ – заработная плата научного руководителя, руб.

Заработная плата за фактически отработанное время вычисляется по следующей формуле:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{\text{мес}}}{21} \cdot n_{\phi}, \quad (35)$$

где $ЗП_{\text{мес}}$ – месячная заработная плата, руб;

21 – число рабочих дней в месяце;

n_{ϕ} – фактическое число дней в проекте.

По формулам (36) и (37) рассчитаем месячную заработную плату инженера и научного руководителя, имеющих месячный оклад соответственно 17 000 рублей и 19 500 рублей. Примем коэффициент, учитывающий отпуск равным 10 %, районный коэффициент – 30 %.

$$ЗП_{\text{мес}}^{\text{инж}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (36)$$

$$ЗП_{\text{мес}}^{\text{нр}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (37)$$

где $ЗП_0$ – месячный оклад;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

K_2 – районный коэффициент.

$$ЗП_{\text{мес}}^{\text{инж}} = 17\,000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24\,310 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{\text{мес}}^{\text{нр}} = 19\,500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27\,885 \text{ руб.}$$

По формуле (35) рассчитаем фактическую заработную плату инженера и научного руководителя:

$$ЗП_{\phi}^{\text{инж}} = \frac{24\,310}{21} \cdot 113 = 130\,810 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{\phi}^{\text{нр}} = \frac{27\,885}{21} \cdot 10 = 13\,278 \text{ руб.}$$

Подставим в формулу (34), найденные значения заработной платы инженера и научного руководителя, и получим:

$$K_{\text{з/пл}} = 130\,810 + 13\,278 = 144\,088 \text{ руб.}$$

4.2.4 Затраты на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды – затраты по обязательным и добровольным взносам в Фонд социального страхования РФ, Пенсионный фонд РФ, Фонд медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, занятых в производстве продукции (работ, услуг), в соответствии с порядком, установленным законодательством. Отчисления на социальные нужды принимаются в размере 30 % от затрат на заработную плату и рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{с.о.}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,3, \quad (38)$$

$$K_{\text{с.о.}} = 144\,088 \cdot 0,3 = 43\,226 \text{ руб.}$$

4.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются в размере 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и на социальные нужды и вычисляются по следующей формуле.

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о.}}), \quad (39)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (1\,000 + 1\,424 + 144\,088 + 43\,226) = 18\,974 \text{ руб.}$$

4.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – косвенные издержки, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования, а также ненормированные расходы. Накладные расходы принимаем в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2, \quad (40)$$

$$K_{\text{накл}} = 144\,088 \cdot 2 = 288\,176 \text{ руб.}$$

Полученные значения затрат подставим в формулу (32) и рассчитаем затраты на выполнение проекта:

$$K_{\text{п}} = 1\,000 + 1\,424 + 144\,088 + 43\,226 + 18\,974 + 288\,176 = 496\,888 \text{ руб.}$$

Результаты вычислений сведены в таблице 22.

Таблица 22 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб
Материальные затраты	1 000
Амортизация компьютерной техники	1 424
Затраты на заработную плату	144 088
Затраты на социальные нужды	43 226
Прочие затраты	18 974
Накладные расходы	288 176
Итого	496 888

4.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

Оборудование для реализации АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий, его стоимость и количество представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Смета затрат на оборудование

Наименование	Стоимость, руб./шт.	Кол-во, шт.
Модуль центрального процессора CPU 314	19 000	1
Модуль ввода аналоговых сигналов SM-331	35 000	2
Модуль вывода аналоговых сигналов SM-332	37 732	2
Коммуникационный модуль CP 341-1	82 320	1
Блок питания PS 307	10 575	1
Блок питания HR-12-24	1 480	4
Расходомер US-800-12	47 040	4
Термопреобразователь ТСМУ-274МП	2 282	3
Вискозиметр FVM-1XA-720-AC	1 200 000	1
Термoeмкость ТЕМ-150А	560 000	4
Пропеллерная мешалка	37 500	1
Пускатель ПБР-2МП	5 500	4
Механизм электрический однооборотный	19 000	4
Блок ручного управления БРУ-42-03	4 484	4
Кабель МКЭШ 3x0,75	30,28	4
Кабель АВВГ 4x2,5	21,48	30
Кабель АВВГ 2x2,5	10	36
Кабель АВВГ 3x2,5	10	4

Продолжение таблицы 23

Наименование	Стоимость, руб./шт.	Кол-во, шт.
Кабель КВВГ 19х0,75	95	12
Кабель КВВГ 27х0,75	150	4
Кабель КВВГ 4х0,75	23,5	26
Кабель КВВГ 7х0,75	38	4
Провод ПВ-1х0,75	5	25
Итого	4 046 243	33

Затраты на монтажные работы, транспортировку и демонтаж оборудования составляют 20 % от суммы затрат на технические средства:

$$I_{\text{монт}} = I_{\text{обор}} \cdot 0,2, \quad (38)$$

где $I_{\text{обор}}$ – затраты на оборудование, руб.

$$I_{\text{монт}} = 4\,046\,243 \cdot 0,2 = 809\,248 \text{ руб.}$$

4.4 Оценка экономической эффективности проекта

В результате механизации процесса смешения компонентов эмульсий и суспензий происходит замена ручного труда, что приводит к повышению производительности и экономии на заработной плате за счет сокращения численности рабочих на участке.

Разработанная установка полностью механизует ручной процесс смешения. Она заменяет четырех технологов, средняя заработная плата которых на химическом производстве составляет 50 000 руб./мес. Для обеспечения работоспособности автоматизированной системы необходимы два оператора, которые должны осуществлять оперативное управление технологическим процессом. Средняя заработная плата оператора пульта управления на химическом производстве составляет 39 000 руб./мес.

Рассчитаем экономию за год по заработной плате работникам:

$$\mathcal{E}_{\text{з/пл}} = (I_{\text{мех.}} - I_{\text{авт.}}) \cdot 12, \quad (39)$$

где $I_{\text{мех.}}$ – затраты на заработную плату работникам до внедрения автоматизации производства, руб./мес.;

$I_{\text{авт.}}$ – затраты на заработную плату работникам после внедрения автоматизации производства, руб./мес.

$$\mathcal{E}_{\text{з/пл}} = (4 \cdot 50\,000 - 2 \cdot 39\,000) \cdot 12 = 1\,464\,000 \text{ руб./год.}$$

Автоматизация процесса смешения в производстве эмульсий и суспензий позволяет повысить общую безопасность линии, поскольку до внедрения автоматизации рабочие находились в непосредственной близости к термостоям открытого типа и подвергались опасности возможного отравления газами, вредным воздействиям тепла, а также возможности поражения электротоком и получения травм в результате работы с перемешивающим устройством. Разработанная установка полностью исключила воздействие этих вредных и опасных факторов на человека, поскольку обслуживание машины производится оператором дистанционно с пульта управления, и, следовательно, практически исключила выплаты и компенсации работнику при производственной травме.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студентки:

Группа	ФИО
5Б4В	Щенниковой Оксаны Сергеевны

Школа	ИШЭ	Профиль	АТП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматизированная система управления процессом приготовления эмульсий и суспензий на химическом производстве.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света; – повышенный уровень шума; – повышенный уровень электромагнитного излучения; – нервно–психические перегрузки; – поражение электрическим током; – пожаровзрывобезопасность.
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	
2. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния производственного процесса на окружающую среду; – решения по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.04.2018
------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	К.т.н., доцент		

Задание приняла к исполнению студентка:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Щенникова Оксана Сергеевна		

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

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

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

В ВКР была разработана автоматизированная система управления процессом приготовления эмульсий и суспензий, предназначенная для производства жидких растворов с определенной концентрацией какого-либо компонента методом механического перемешивания, подогрева и поддержания заданной температуры растворов. Для обеспечения работоспособности системы необходим оператор, который должен

осуществлять оперативное управление технологическим процессом. Деятельность оператора направлена на оценку и обработку поступающей информации. Особенности деятельности являются анализ поступающей информации, обнаружение неисправностей, умение разбираться в показаниях приборов, быстрое принятие решений.

Поэтому объектом исследования данного раздела является рабочее место оператора, которое предусматривается на базе персонального компьютера с цветным графическим монитором.

5.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут воздействовать на оператора АСУ процессом приготовления эмульсий и суспензий. Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003–2015 [50]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 24.

Таблица 24 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оперативному управлению технологическим процессом

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Рабочей зоной является помещение 15 м ² , включающее 1 персональный компьютер для мониторинга и управления технологическим процессом. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение температуры и влажности воздуха от нормы. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Отсутствие или недостаток естественного света. 4. Превышение уровня шума. 5. Повышенный уровень электромагнитного излучения. 6. Физические перегрузки. 7. Умственное перенапряжение. 8. Перенапряжение анализаторов. 9. Монотонность труда. 10. Эмоциональные перегрузки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током. 2. Пожаро– взрывоопасность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [51] 2. Освещение – СП 52.13330.2011 [52], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [53], СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [54] 3. Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [55] 4. Электромагнитное излучение – СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [56] 5. Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038–82 [57] 6. Пожарная безопасность – федеральный закон от 22.07.2008 N 123 [58]

Опасный производственный фактор – фактор, воздействие которого на работника в определенных условиях приводит к травме. Вредный производственный фактор – фактор, воздействие которого на работника в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности работающего.

5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения

5.2.1.1. Отклонение показателей микроклимата

Согласно требованиям СанПиН 2.2.4–548–96 [51], необходимо соблюдать оптимальные величины показателей микроклимата в производственных помещениях, где выполняются работы операторского типа, связанные с нервно–эмоциональным напряжением (на пультах и постах управления технологическими процессами).

Показатели микроклимата разделяются на допустимые и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных микроклиматических условиях обеспечивается сохранение нормального функционального и теплового состояния организма, создаются предпосылки для высокого уровня трудоспособности. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения.

По характеру физической нагрузки согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.4.548–96 [51] работа оператора относится к разряду легких (категория 1а). В таблице 25 представлены допустимые и оптимальные значения показателей микроклимата для теплого периода года (плюс 10 °С и выше) и для холодного периода года для категории работ 1а [51].

Таблица 25 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата для категории 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	60–40	0,1
	Теплый	23–25	22–26	60–40	0,1
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	0,1 0,2

В целях поддержания оптимальных значений показателей микроклимата на рабочем месте устанавливаются системы вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

5.2.1.2. Недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света

Освещение является важным фактором производственной среды, оказывающим существенное влияние на оператора, на эффективность его трудового процесса и безопасность его труда. Недостаточное освещение рабочего места оператора затрудняет выполнение работы, вызывает повышенное утомление, что влечет за собой снижение производительности труда и увеличивает риск производственного травматизма.

Нормативные требования к освещению приведены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий» [53] и СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [52]. Согласно действующим Санитарным правилам [52] постоянное наблюдение за ходом технологического процесса относится в VIII разряду (подразряд – а) зрительных работ, при котором искусственное освещение в помещении пульта управления должно осуществляться системой общего освещения или

комбинированного освещения (освещенность от общего освещения – 200 лк). Общее освещение может быть равномерным и локализованным. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ» [54] искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения или, в случае работы оператора с документами, комбинированным освещением, при котором к общему добавляется местное освещение. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк. При этом освещение не должно создавать бликов на поверхности монитора компьютера. Освещенность монитора не должна быть более 300 лк.

Естественное освещение осуществляется через световые проемы в наружных стенах здания (окна) с коэффициентом естественного освещения КЕО 1,8% и при совместном освещении с КЕО – 0,6 [52].

5.2.1.3. Повышенный уровень шума

Распространенным на производстве вредным фактором является шум. Он создается работающим оборудованием (исполнительными механизмами, механическими мешалками), преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами искусственного освещения, процессором, вентиляторами и блоком питания компьютера, а также шум, доносящийся с улицы. Шум ухудшает условия труда, оказывая воздействие не только на органы слуха, но и на весь организм человека в целом через центральную нервную систему. Шум ослабляет внимание и снижает реакцию оператора на происходящие события на технологическом объекте управления, вследствие чего увеличивается число ошибок при работе.

По санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [55] максимальный уровень звука на рабочем месте оператора не должен превышать 65 дБА.

Снизить уровень шума на рабочем месте можно с помощью звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63–8000 Гц для отделки стен и потолка

помещений. Также звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку, по ширине в 2 раза больше ширины окна. Наиболее простым способом снижения уровня шума являются кратковременные отдыхи в течении рабочего дня при выключенных источниках шума, если этого позволяет рабочий процесс.

5.2.1.4. Повышенные уровни электромагнитного излучения

Устройства, потребляющие или производящие электроэнергию, создают электромагнитное излучение. Источником электромагнитного излучения на рабочем месте оператора является компьютер. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечнососудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия.

Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитного поля, создаваемые персональным компьютером (ПК), приведены в таблице 26 согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [56].

Таблица 26 – Временные допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемые персональным компьютером

Наименование параметра		ВДУ ПК
Напряженность электрического поля, В/м	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25
	в диапазоне частот 2–400 кГц	2,5
Плотность магнитного потока, нТл	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250
	в диапазоне частот 2–400 кГц	25
Электростатический потенциал экрана видеомонитора, В		500

Для защиты от внешнего облучения при работе с монитором компьютера, экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600–700 мм [56].

5.2.1.5. Нервно–психические перегрузки

Работа оператора в целом разнообразная при выполнении задач и монотонная в период несения дежурства. Сложность работы оператора пультов управления связана с высокой ответственностью и принятием решений в условиях дефицита времени. Поэтому у оператора во время работы могут возникать физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов.

Для предупреждения преждевременной утомляемости оператору рекомендуется организовывать перерывы на 10–15 минут через каждые 45–60 минут. Во время перерывов для снижения нервного и эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора рекомендуется выполнять комплекс упражнений физкультурных минуток [56].

5.2.2. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения

5.2.2.1. Поражение электрическим током

Согласно ГОСТ 12.1.038–82 [57] предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют 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. Во избежание поражения тока оператору во время работы запрещается прикасаться к задней панели системного блока и переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании, производить отключение питания во время выполнения активной задачи, допускать попадание влаги на поверхности устройств.

Помещение, в котором находится система приготовления эмульсий и суспензий, согласно правилам устройства электроустановок [58], относится к помещению с повышенной опасностью, характеризующееся следующим

условием повышенной опасности: высокие температуры (до плюс 100 °С). 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 [56]. Все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом.

5.2.2.2. Пожаровзрывобезопасность

При неправильной эксплуатации оборудования или коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание. Из-за перегрузки сети напряжения происходит сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции. Кроме того, система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, а также правильный выбор и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических средств автоматизации.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, а также мерами предупреждения пожаров являются: составление планов эвакуации, ознакомление сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте, проведение противопожарного инструктажа для сотрудников [58].

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1. Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду

Промышленные предприятия в процессе эксплуатации потребляют определенное количество чистой воды, а также сбрасывают очищенные или неочищенные сточные воды в окружающую среду, что приводит к загрязнению гидросферы. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются неочищенные или недостаточно очищенные производственные и бытовые сточные воды, а также утечки вредных веществ из емкостей, трубопроводов и других сооружений.

Воздействие на атмосферу возможно в результате испарения эмульсий, суспензий или их компонентов, которые хранятся в закрытых емкостях на предприятии. Данное воздействие на атмосферный воздух незначительное. Кроме того, источником вредных газовыделений может стать утечка рабочей жидкости из термостойкости или прорыв трубопровода в результате коррозии или дефекта монтажа для приготовления эмульсий и суспензий. В этом случае производится механическая очистка загрязненного участка. Образующиеся отходы собираются и временно хранятся на территории предприятия в емкостях, контейнерах или на специально отведенных и оборудованных площадках, в соответствии с утвержденными инструкциями по обращению с опасными отходами.

5.3.2. Решения по обеспечению экологической безопасности.

В целях рационального использования и охраны поверхностных вод предприятие должно обеспечить предотвращение попадания продуктов производства и сопутствующих ему загрязняющих веществ на территорию производственной площадки промышленного объекта и непосредственно в водные объекты.

Для исключения возможности загрязнения окружающей среды сточными водами и жидкими продуктами производства предусматривают применение оборудования и трубопроводов, стойких к коррозионному и абразивному воздействию агрессивных жидких сред.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В настоящее время основными способами защиты населения, в том числе и производственного персонала во время чрезвычайных ситуаций (землетрясения, наводнения, химического или радиоактивного заражения), являются: укрытие людей в защитных сооружениях, проведение эвакуационных мероприятий, использование средств индивидуальной защиты, организация медицинской помощи пострадавшим [58].

5.4.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения

При работе системы приготовления эмульсий и суспензий могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации – воспламенение изоляции электрической сети от короткого замыкания и перегрузки.

При установке оборудования автоматизации, особое требование предъявляется к качеству монтажа технических средств. Особенно при установке оборудования для производства эмульсий или суспензий, в состав которых входят горючие жидкости. Некачественный монтаж термостатов, трубопроводов, задвижек, расходомеров и других приборов может привести к утечке горючего топлива, что может стать причиной возгорания. Поэтому монтаж оборудования должны производить квалифицированные специалисты [58].

Также на данной АСУ есть опасность поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.

5.4.2 Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС

Для предупреждения поражения электрическим током корпуса приборов и инструментов заземляются, также при работе возле объекта управления используются средства индивидуальной защиты [57].

Для предотвращения возгораний помещение, где размещена система для приготовления эмульсий и суспензий, и рабочее место оператора должны быть оборудованы средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем), средствами связи. В операторской должны находиться: порошковый огнетушитель типа ОП–5, план эвакуации при пожаре (рисунок 20) и в доступном месте – пожарный щит. Если возгорание произошло в действующей электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ–2 или порошковые типа ОП–5.

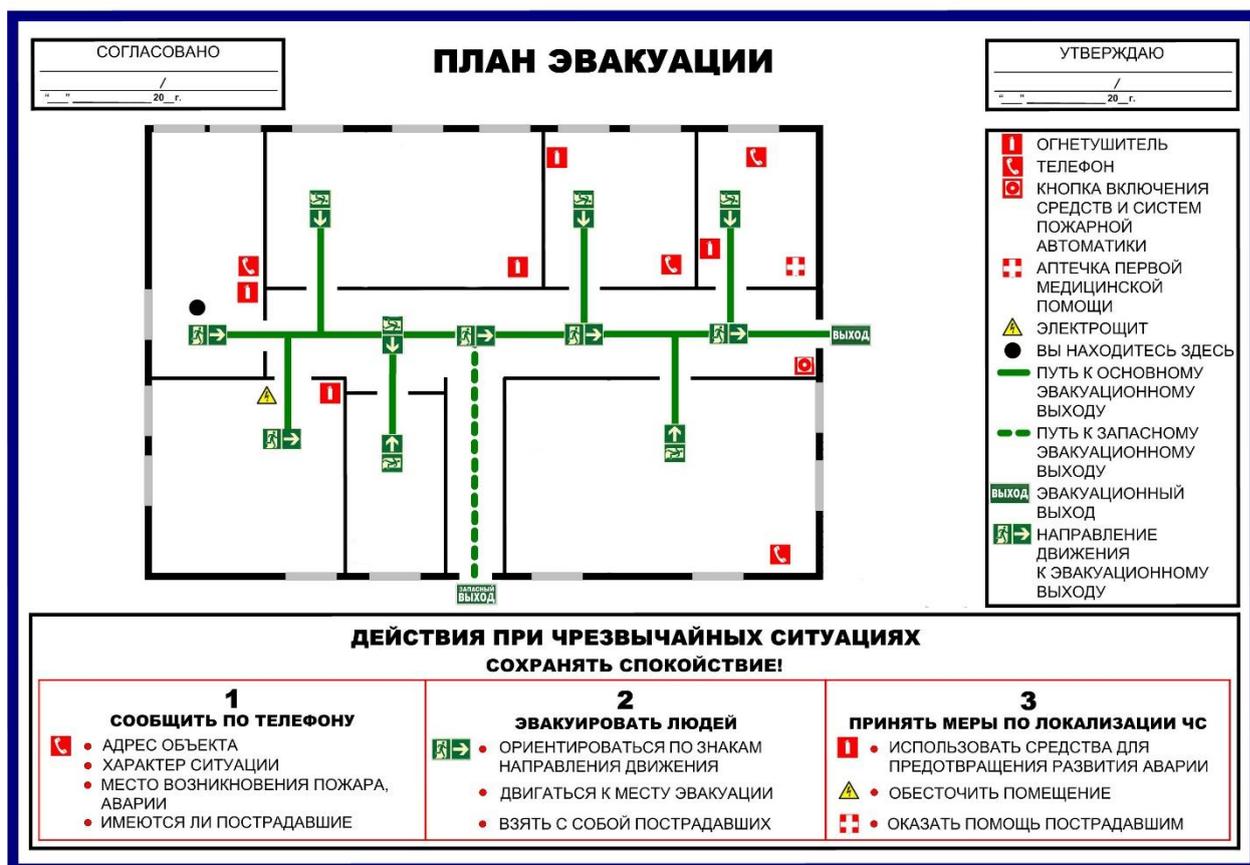


Рисунок 20 – План эвакуации

5.4.3 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

При возникновении пожара сотрудники должны немедленно сообщить о пожаре в ближайшую пожарную часть и администрации организации. Далее выключить приточные вентиляцию и сообщить всему персоналу о возникшем пожаре. Быстро без паники эвакуироваться из здания согласно плану эвакуации, по возможности, покидая помещение, отключить все электроприборы, закрыть двери и форточки. До приезда работников пожарной охраны, если есть возможность, организовать тушение возгорания первичными средствами пожаротушения.

При поражении человека электрическим током необходимо освободить пострадавшего от действия тока. При этом должны быть предприняты меры по предупреждению его падения и самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или телом пострадавшего. Наиболее простым способом освобождения пострадавшего от тока является отключение электроприбора или оборудования, или той ее части, которой касается человек. Если отключить нельзя, то можно освободить пострадавшего с помощью электрозащитных средств (диэлектрические перчатки, коврики). Если пострадавший охватывает проводник, следует острым предметом с изолированной ручкой, например, из сухого дерева. После освобождения пострадавшего от действия тока, необходимо оказать ему доврачебную помощь. Первая помощь оказывается немедленно после освобождения от действия тока на месте происшествия, если нет опасности, угрожающей пострадавшему или оказывающим помощь. Приступив к оказанию помощи, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи, причем это должен сделать не оказывающий помощь человек. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача независимо от состояния пострадавшего.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии со статьей 5.27.1 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195–ФЗ (ред. от 03.04.2018) [59] 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. Поэтому оператор обязан 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. Перед поступлением на работу оператору необходимо пройти медицинский осмотр за счет организации. Кроме того, предприятие должно обеспечить оператора спецодеждой и другими средствами защиты.

Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [56] женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПК, или для них ограничивается время работы с ПК (не более 3 ч за рабочую смену).

5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Одним из факторов безопасности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к боковым световым проемам (окнам) должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Рабочий стол должен

позволять удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. Высота стола должна быть в пределах от 680 до 800 мм. Монитор компьютера, должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600–700 мм [56].

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

5.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

Угроза глобального экологического кризиса требует кардинальные изменения в сознании человека, в частности, в экологическом сознании путем распространения экологического знания, например, через систему образования, а также путем выполнения мероприятий, направленных на кардинальное улучшение экологической обстановки в мире. Разработанная АСУ является альтернативой тяжелому и опасному ручному труду человека и оказывает незначительное воздействие на окружающую среду.

Социальная роль разработанной АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий заключается в повышении эффективности работы предприятия, улучшении качества выпускаемой продукции, увеличении производительности труда, а также росте уровня безопасности процесса смешения компонентов эмульсий или суспензий. В разделе «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы:

1) рассмотрены понятия социальной ответственности предприятия (корпоративной, индивидуальной);

2) проанализированы вредные и опасные факторы, воздействие которых возможно на оператора и уровень которых не должен превышать предельных значений, оговоренных правовыми и санитарно–техническими нормами;

3) отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника;

4) проанализированы вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях и меры для их предупреждения.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления процессом приготовления эмульсий и суспензий на химическом производстве.

Спроектированная система является трехуровневой. Полевой уровень включает датчики измерения температуры, расхода, вязкости, а также запорную арматуру, исполнительные механизмы, пропеллерную мешалку. На среднем уровне расположен контроллер, верхний уровень – АРМ оператора. В качестве регулирующего устройства был выбран модульный программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7–300 фирмы ООО «Сименс». В состав контроллера входят блок центрального процессора, блок питания, два модуля ввода аналоговых сигналов, два модуля вывода аналоговых сигналов и коммуникационный модуль, которые монтируются на профильную шину.

В ходе выполнения ВКР была разработана схемная документация: схема структурная, схема функциональная, схема принципиальная электрическая, схема монтажная и схема общего вида щита. Пояснительная записка к работе содержит результаты экспериментальных исследований влияния пенообразователей и смачивающих средств на подавление пламенного горения и термического разложения ЛГМ, подробное описание выбора основного оборудования, приборов и технических средств автоматизации, а также мнемосхему объекта управления.

Кроме того, выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». В последнем разделе рассчитаны смета затрат на проект, в размере 496 888 руб., смета затрат на оборудование, которая составила 4 046 243 руб., и смета затрат на монтажные работы – 809 248 руб. Эффективно внедренная автоматизированная система гарантирует улучшение качества выпускаемой

продукции, рост производительности труда, повышение эффективности работы предприятия, а также рост уровня безопасности.

Публикация автора бакалаврской работы: Щенникова О.С., Полех В.С.
Разработка SCADA системы управления вентилятором приточной вентиляции
// Материалы V Международного форума «Интеллектуальные энергосистемы». – 2017. – С. 122–125.

Список использованных источников

1. 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.
2. Реснянская А.С., Игаева А.Ю. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой промышленности // Перспективы развития строительного комплекса. – 2016. – № 1. – С. 57–65.
3. Доррер Г.А., Якимов С.П., Васильев С.А. Прогнозирование динамики распространения лесных пожаров в России // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2010. – № 4. – С. 65 – 67.
4. Wilson AAG (1988) Width of firebreak that is necessary to stop grass fires: some field experiments. Canadian Journal of Forest Research 18, 682–687.
5. Merino L, Caballero F, Martínez-De-Dios JR, Maza I, Ollero A (2012) An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement. Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications 65, 533–548.
6. Картеничев А.Ю., Сукочев А.Ю., Васильева О.Э. Применение авиации для тушения пожаров: история и современность // Пожарная безопасность. – 2015. – №2. – С. 107 – 112.
7. Копылов Н.П., Хасанов И.Р., Кузнецов А.Е., Федоткин Д.В., Москвилин Е.А., Стрижак П.А., Карпов В.Н. Повышение эффективности тушения лесных пожаров с использованием добавок к воде // Пожарная безопасность. – 2015. – №4. – С. 46 – 50.
8. Пешков В.В., Лебедев С.Ю., Кузьмин В.П. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров: Инструкция. – М.: ВНИИПО, 1996. – 28 с.
9. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. – М.: Пожнаука, 2005. – 335 с.

10. Глущенко, В. Н. Обратные эмульсии и суспензии в нефтегазовой промышленности. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 728 с.
11. Гайдуков Ю.И., Прянишников В.Е. и др. Руководство по применению промывочных жидкостей в колонковом бурении. – М.: Недра, 1970. –144 с.
12. Ищенко В. И. Промышленная технология лекарственных средств: Учебное пособие – 2–е издание. – Витебск: ВГМУ, 2012. — 568 с.
13. Паус К.Ф. Буровые растворы – 2–е изд., перераб. и доп. – М: Недра. – 1973. – 303 с.
14. Иванов В. М. Топливные эмульсии. – М.: Изд–во АН СССР. – 1962. – 183 с.
15. Дзисько В.А. Основы методов приготовления катализаторов. – Новосибирск: Наука. – 1983. – 51 с.
16. Энтелис С.Г., Э. М. Берлинер Смазочно–охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
17. Ftwi Y. Hagos, Obed M. Ali, Rizalman Mamat, Abdul A. Abdullah Effect of emulsification and blending on the oxygenation and substitution of diesel fuel for compression ignition engine – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, vol. 75, issue C, 1281–1294.
18. Дудников Е.Г. Автоматическое регулирование в химической промышленности. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
19. Каталог продукции ООО «Кастомаш». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kostamash.pulscen.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
20. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
21. Каталог продукции ООО «Тульские машины». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://contacts.grundfos.ru/framework/upload/materials/AMD-AMG-AFG.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

22. Чуешов В. И., Гладух Е.В. Технология лекарств промышленного производства. Том 1. – Х.: Издательство НФАУ МТК, 2002. – 696 с.
23. ГОСТ Р МЭК 61131–3–2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – М: Стандартформ, 2017. – 227 с.
24. ГОСТ 21.403–80 Система проектной документации для строительства. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое. – М: Государственный строительный комитет СССР, 1980. – 35 с.
25. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: ТПУ, 2011. – 108 с.
26. ГОСТ 21.208–2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М: Стандартформ, 2015. – 30 с.
27. Каталог продукции ООО «Пьезоэлектрик». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.piezoelectric.ru/Products/Transmitters/Temperature/ThermalTransformerSOS.php>, свободный. – Загл. с экрана.
28. Каталог Метран–271/274/276. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/DT/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-271_274_276.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
29. Каталог продукции ООО «Теплоприбор». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn—90ahjlpcccjdm.xn—p1ai/catalog/dts-tsm-tsp-015-145/>, свободный. – Загл. с экрана.
30. Взлет МР УРСВ–510V. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vzljot.ru/files/docs/ultrazvukovoj_metod/ursv510/re1_mr_510vd_doc1_23.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

31. Взлет МР УРСВ–110. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vzljot.ru/files/docs/ultrazvukovoj_metod/rsv1xxc/re1_mr_1hhd_doc2_0.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
32. Расходомер ультразвуковой US–800. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.us800.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
33. Вилочные вискозиметры Micro Motion. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsp-co.org/assets/1-fvm-pds-rus-ps-001660.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
34. Каталог продукции ООО «Технология». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://newhomogenizer.ru/catalog/pogruzhnoj-dispergator/>, свободный. – Загл. с экрана.
35. ПЛК73 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/rie_plk73_1122.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
36. Модули аналогового ввода МУ110–220.8А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/re_mv110-224_8a_1837.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
37. Модули аналогового ввода МВ110–224.2А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/re_mv110-224.2a_1822.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
38. Модули аналогового вывода МУ110–220.8И, МУ110–24.8И и МУ110–224.8И. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/re_mu110-8i_1834.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
39. Система автоматизации S7–300. Данные модулей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/S7_300_Modul_Data_p1_r.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
40. Механизмы исполнительные электрические однооборотные. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/docs/re/59.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

41. Блок ручного управления БРУ–42. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vtmarket.ru/bru-42,_bru-32,_bru-22_blok_ruchnog, свободный. – Загл. с экрана.
42. Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР–2М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maksim-llc.ru/pbr2mp.html>, свободный. – Загл. с экрана.
43. Сайт производителя ЗАО «Чип и Дип». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/dr-60-24>, свободный. – Загл. с экрана.
44. ГОСТ 16442–80. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – М.: Стандартинформ, 1982. – 24 с.
45. ГОСТ 1508–78 Кабели контрольные с резиновой и пластмассовой изоляцией. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. – 15 с.
46. ГОСТ 10348–80 Кабели монтажные многожильные с пластмассовой изоляцией. Технические условия– М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. – 9 с.
47. Шкаф АЕ 1060.500. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ct-company.ru/catalog/rittal/ts-it/ae/1012600.html>, свободный. – Загл. с экрана.
48. Сайт производителя «ПО Энергия». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.po-energiya.ru/100000537.html>, свободный. – Загл. с экрана.
49. Трудовой кодекс РФ 2018 года (ТК РФ редакция 2017–2018)
50. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М: Стандартформ, 2016. – 9 с.
51. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

52. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
53. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
54. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.
55. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
56. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы.
57. Правила устройства электроустановок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruscable.ru/info/pue/pue7.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
58. Федеральный закон РФ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123–ФЗ (ред. от 29.07.2017).
59. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195–ФЗ (ред. от 03.04.2018).
60. СТО ТПУ 2.5.01–2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://standard.tpu.ru/docs/standorg/ВКР_ориг1.htm, свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А

Спецификация приборов и средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол
1а ... 3а	Датчик температуры аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,25$ %. Выходной сигнал 4 ... 20 мА. шкала $-50 \dots +100$ °С, НСХ 50М, монтажная длина 120 мм. Питание 24 В. ПГ «Метран», г. Челябинск	ТСМУ–Метран–274	3
4а ... 7а	Расходомер ультразвуковой, верхний предел измерения до 145 м ³ /ч, класс точности 1,5, выходной сигнал 4...20 мА. Питание 24 В. «Эй–Си Электроник», г. Чебоксары	US–800–12	4
8а	Вискозиметр, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 1,5$ %. Выходной сигнал 4 ... 20 мА. Питание 24 В. ООО «Эмерсон», г. Москва	FVM–1XA–720–AAC	1
	Программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7–300. В состав контроллера входят следующие блоки (модули): Центральный процессор (CPU). Питание 24 В. ООО «Сименс» г. Москва	6ES7314–1AE13–0AB0	1
	Модуль ввода аналоговых сигналов Siemens SM 331 Входные сигналы: 4...20 мА. Аналоговых входов: 8. Питание 24 В. ООО «Сименс» г. Москва	6ES7 331–7NF00–0AB0	2
ФЮРА.4.21000.015 С01			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разработал	Щенникова О.С.		
Проверил	Жданова А.О.		
		АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий	Стад ТРП
		Спецификация приборов и средств измерений	Листов 1 2
			ТПУ НОЦ ИШЭ
			Группа 5Б4В

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол	
	<p>Модуль вывода аналоговых сигналов Siemens SM 332 Входные сигналы: 4...20 мА. Аналоговых выходов: 8. Питание 24 В. ООО «Сименс» г. Москва</p>	6ES7332-5HF00-0AB0	1	
	<p>Блок питания PS 307. Входное напряжение 120/230 В. Выходное напряжение 24 В. ООО «Сименс» г. Москва</p>	6ES7 307-1EA01-0AA0	1	
	<p>Коммуникационный модуль CP 343-1. Два гнезда RJ45. Скорость обмена данными 10/100 Мбит/с. Питание 24. ООО «Сименс» г. Москва</p>	6GK7343-1EX30-0XE0	1	
9в ... 12в	<p>Бесконтактный пускатель реверсивного типа ПБР-2МП. Напряжение питания 24 В. АО «ТРЭИ», г. Пенза</p>	ПБР-2МП	4	
9д ... 12д	<p>Механизм электроисполнительный однооборотный в составе с блоком сигнализации положения выходного вала токовым БСПТ-10М с унифицированным сигналом 4-20 мА. Питание 220 В. ОАО «СКБ СПА», г. Чебоксары.</p>	МЭО-250/25-0,25-Р-99	4	
9з ... 12з	<p>Блок ручного управления типа БРЧ-42. Напряжение питания 24 В. ООО «ВиаТех», г. Ярославль</p>	БРЧ-42-03	4	
21а	<p>Пропеллерная мешалка. Скорость вращения 500 об/мин, потребляемая мощность 5,5 кВт. Напряжение питания 220 В. ООО «Тульские машины», г. Тула</p>	МПТ-300-500-5,5-380В	1	
			Лист	
			2	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.421000.024 С01

Приложение В

Перечень элементов принципиальной электрической схемы

Позиционное обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A5, A9, A10, A11	Блок ручного управления БРУ-42-03.	4	
A6, A12, A13, A14	Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-2МП.	4	
A8	Центральный процессор CPU 314, Siemens AG.	1	
A4	Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331, Siemens AG.	1	
A3	Модуль вывода аналоговых сигналов SM 332, Siemens AG.	1	
B10-B13	Расходомер US 800, верхний предел 145 м ³ /ч.	4	
B4, B3, B7	Термопреобразователь ТСМУ Метран-274МП.	3	
B1	Вискозиметр FVM-1XA-720-ААС.	1	
B2, B5, B6, B8	Термoeмкость ТЕМ 150А.	4	
G1	Блок питания PS 307, Siemens AG.	1	
G2-G5	Блок питания HR-15-24.	4	
A1	Коммуникационный модуль CP 343-1, Siemens AG.	1	
B9	Пропеллерная мешалка МПТ-300-500-5,5-380В	1	
M1-M4	Механизм электрический однооборотный	4	
	МЭ0-250/25-0,25-Р-99		
R1-R18	Резистор позиционный	18	
	Номинальное сопротивление 500 Ом, мощность 1 Вт.		
ФЮРА.421000.015 33			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп. Дата
Разработал	Щенникова О.С.		
Проверил	Жданова А.О.		
		АСУ процесса приготовления эмульсий и суспензий	
		Стад	Лист
		ТРП	3
		Листов	
		3	
		ТПУ	
		НОЦ ИШЭ	
		Группа	
		564В	

