



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

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий

УДК 681.51:536.5:544.355:677.46

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Шведов Денис Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Пискунов Максим Владимирович	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь	Ашихмин Александр Евгеньевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Пискунов Максим Владимирович	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен к конструкторской деятельности
ПК(У)-2	Способен применять методы графического представления объектов энергетического машиностроения, схем и систем
ПК(У)-3	Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения
ПК(У)-4	Способен представлять техническую документацию в соответствии с требованиями единой системой конструкторской документации
ПК(У)-11	Способен использовать технические средства для измерения основных параметров объектов деятельности
ПК(У)-12	Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способен осуществлять монтажно-наладочные работы на объектах профессиональной деятельности
ПК(У)-14	Способен осуществлять сервисно-эксплуатационные работы на объектах профессиональной деятельности



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

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Атрошенко Ю.К.
(ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Шведов Денис Константинович

Тема работы:

АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий	
Утверждена приказом директора ИШЭ	10.02.2023, № 41-34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом автоматизации является экспериментальный стенд по приготовлению полимерных эмульсий и поддержания температуры эмульсии внутри трубопровода. Важно обеспечить точную температуру водного раствора смеси полисахаридов, поскольку используемые растворы являются термочувствительными, и при критической изменении температуры происходит их полимеризация (отверждение). Регулирование происходит за счет совместной работы греющего кабеля и терморегулятора.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i>	1. Экспериментальные исследования; 2. Выбор и анализ объекта автоматизации; 3. Разработка структурной схемы АСР; 4. Разработка функциональной схемы АСР; 5. Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации;

конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	6. Разработка монтажной схемы АСР; 7. Разработка электрической схемы и составление перечня элементов подсистем эклектического питания и микроклимата, щита управления. 8. Разработка чертежа общего вида щита управления; 9. Расчет параметров настройки регулятора; 10. Разработка экранных форм мнемосхем SCADA-системы; 11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 12. Социальная ответственность.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Структурная схема АСР; 2. Функциональная схема АСР; 3. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4. Схема монтажная внешних проводок; 5. Принципиальная электрическая схема щита управления; 6. Перечень элементов электрической схемы; 7. Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ст. преподаватель ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Пискунов Максим Владимирович	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Шведов Денис Константинович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 103 с., 17 рис., 39 табл., 23 источников, два приложения.

Ключевые слова: полимерная эмульсия, микрогель, полисахариды, нановолокнистые поверхности, объект автоматизации, автоматическая система регулирования, SCADA- система.

Объектом автоматизации является экспериментальный стенд по приготовлению полимерных эмульсий и поддержания температуры эмульсии внутри трубопровода.

Цель работы – разработка АСР температуры полимерной эмульсии перед подачей в сопло.

В целях создания автоматизированной системы технологического процесса, в настоящей работе были проведены экспериментальные исследования объекта автоматизации, выполнен анализ его особенностей, а также проведена работа по составлению структурной схемы и разработке функциональной и электрической схем, включая выбор соответствующих приборов и технических средств автоматизации.

Ключевым преимуществом разработанной автоматизированной системы технологического процесса является наличие программно-оперативного комплекса, основанного на SCADA-системе, который обеспечивает эффективное разделение функций между системой автоматического управления и оперативным персоналом, способствуя тем самым повышению качества контролирования и оперативности системы. Более того, такой подход позволяет своевременно реагировать на любые сложные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации системы, обеспечивая тем самым надежность и безопасность технологических процессов.

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения и обозначения:

ДП – преобразователь давления;

К – контроллер;

ОУ – объект управления;

ПИ-регулятор – пропорционально-интегрирующий регулятор

РТП – регулируемый технологический параметр (расход воды);

ПП1 – первичный преобразователь (температура эмульсии);

ПП2 – первичный преобразователь (давление эмульсии);

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ИМ – исполнительный механизм;

РО – регулирующий орган;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

D_0 – начальный диаметр капли;

$D_{\text{внеш}}$ – диаметр внешней деформации капли

H – высота сброса капли;

h – высота подъема капли;

U_0 – начальная скорость капли;

D_{max} – максимальный диаметр внешней деформации капли;

β – безразмерный параметр, характеризующий динамику изменения диаметра внешней деформации;

t^* – безразмерное время взаимодействия капли с поверхностью;

Z – безразмерный параметр, характеризующий динамику изменения высоты подъема капли;

β_{max} – безразмерный параметр, характеризующий динамику изменения максимального диаметра внешней деформации.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

эмульсия: смесь двух или более жидкостей, которые не смешиваются друг с другом.

сопло: Это канал переменного или постоянного поперечного сечения круглой, прямоугольной или иной формы, предназначенный для подачи жидкостей или газов с определённой скоростью и в требуемом направлении.

трубопровод: Инженерно-техническое сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

регулируемый объект: Агрегат, механизм или устройство, в котором протекают процессы, приводящие к изменению регулируемой величины под воздействием внешней нагрузки или перемещения регулирующих органов.

регулируемая величина: Физический показатель, параметр, характеризующий состояние процесса, происходящего в регулируемом объекте.

магнитная мешалка: Это лабораторное устройство, которое использует вращающееся магнитное поле, чтобы заставить мешалку, погружённую в жидкость очень быстро вращаться, тем самым перемешивая ее.

контроллер: Это одно из важнейших технических устройств автоматизации в структуре производственных систем, которое работает в реальном масштабе времени.

structured Text (ST): Текстовый высокоуровневый язык общего назначения по синтаксису ориентирован на Паскаль.

functional Block Diagram (FBD): Графический язык. В нем используются функциональные блоки.

мнемосхема: Графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта, совокупность сигнальных устройств и сигнальных изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта.

идентификация систем: Объединение способов, с помощью которых строится математическая модель динамической системы по наблюдаемым данным.

математическая модель: Описание математическими методами поведения процесса или системы в частотной или временной области.

Содержание

1. Введение	12
2. Экспериментальные исследования	13
2.1. Введение	13
2.2. Материалы	15
2.3. Экспериментальный стенд	18
2.4. Методы исследования	21
2.5. Результаты	22
2.6. Заключение	25
3. Выбор и анализ объекта автоматизации	26
3.1. Поиск и анализ информации об объекте автоматизации в соответствии с индивидуальным заданием	26
3.2. Описание назначений объектов автоматизации	27
3.3. Описание процессов, происходящих внутри объектов, а также процессов, в которых непосредственно задействованы рассматриваемые объекты	28
3.4. Сравнительный анализ найденных объектов автоматизации	29
3.5. Выбор объекта автоматизации	31
3.6. Перечень регулируемых и контролируемых параметров	31
3.7. Список возмущающих и регулирующих воздействий	32
4. Разработка структурной схемы АСР	33
4.1. Типовые структурные схемы АСР	33
4.2. Разработанная структурная схема АСР	33
5. Разработка функциональной схемы АСР	34
5.1. Технологическая схема	34
5.2. Разработанная функциональная схема АСР	35
6. Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации	36
7. Разработка монтажной схемы АСР	44
7.1. Места установки технических средств АСР нижнего уровня	44
7.2. Выбор оборудования	45

8. Разработка электрической схемы и составление перечня элементов подсистем электрического питания и микроклимата, щита управления. Составление перечня элементов.....	47
9. Разработка чертежа общего вида щита управления.....	51
9.1. Выбор шкафа для размещения оборудования	51
9.2. Описание общего вида щита управления	52
10. Расчет параметров настройки регулятора	54
10.1. Идентификация объекта управления	54
10.2. Расчет параметров настройки регулятора	57
11. Разработка экранных форм мнемосхем SCADA-системы.....	62
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	66
12.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
12.1.1. Анализ конкурентоспособности технических решений.....	66
12.1.2. Матрицы SWOT.....	68
12.2. Планирование научно-исследовательских работ	70
12.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	70
12.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	71
12.3. Бюджет научно-технического исследования.....	76
12.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	76
12.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	76
12.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	78
12.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей	80
12.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	80
12.3.6. Накладные расходы	81
12.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	81
12.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	82
13. Социальная ответственность	88
13.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88

13.2 Производственная безопасность	90
13.2.1. Повышенный уровень шума	91
13.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	92
13.2.3. Повышенный уровень общей вибрации	94
13.2.4. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник	95
13.2.5. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызывать ожоги тканей организма человека	96
13.3. Экологическая безопасность	97
13.3.1. Атмосфера	98
13.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	98
13.5. Выводы по разделу	99
Заключение	100
Список использованных источников	101

Графический материал:

ФЮРА.421000.022 С1

ФЮРА.421000.022 С2

ФЮРА.421000.022 СП

ФЮРА.421000.022 С5

ФЮРА.421000.022 Э4

ФЮРА.421000.022 ПЭ4

ФЮРА.421000.022 ВО

на отдельных листах

Схема структурная АСР

Схема функциональная АСР

Спецификация технических средств
автоматизации

Схема внешних проводок

Схема принципиальная электрическая
щита управления

Перечень элементов щита управления

Общий вид щита управления

1. Введение

Температура различных жидкостей требует к себе особенного внимания, по причине того, что от температуры зависят свойства жидкости, такие как вязкость и поверхностное натяжение.

Поэтому есть необходимость в создании автоматизированной системы регулирования, так как полимерная эмульсия является термочувствительной. При критических температурах происходит ее полимеризация (отверждение). В ходе работы проведены 5 экспериментов изучения динамики изменения температуры в трубопроводе. Измерения проводились термопарой типа К. На рисунке представлена зависимость изменения средней температуры полимерной эмульсии в трубопроводе от времени.

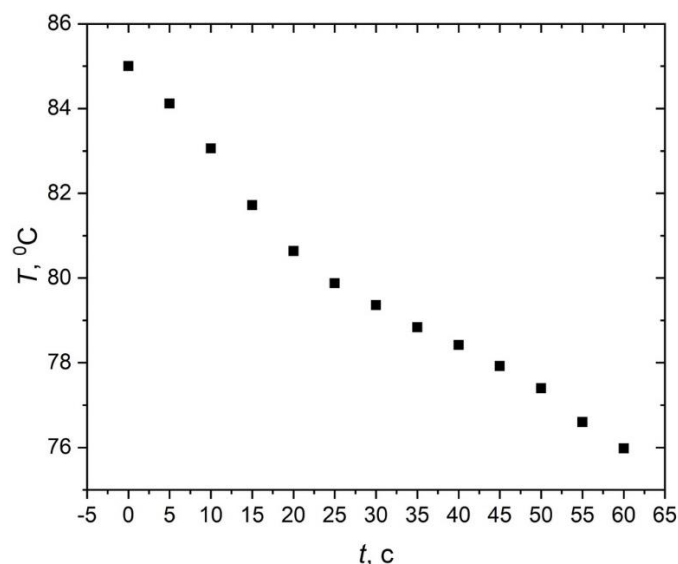


Рисунок 1 – Зависимость температуры полимерной эмульсии от времени

Исходя из результатов измерений температуры эмульсии можно сделать вывод о том, что за 60 секунд, температура полимерной эмульсии уменьшилась практически на 10 °C. Это является проблемой, потому что для получения корректных результатов важно соблюдать одинаковые условия от эксперимента к эксперименту. Для решения этой проблемы предлагается автоматизировать экспериментальный стенд и обеспечить поддержание,

заданное температуры в трубопроводе. Определим доверительный интервал, для этого выполним следующие действия.

Определим среднее значение температуры экспериментов:

$$\bar{T} = \frac{T_1+T_2+T_3+T_4+T_5}{5} = 75,98.$$

Коэффициент Стьюдента при 5 измерениях и доверительной вероятности 0,95 равен: $t_{a,n} = 2,8$.

Найдем значения среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma(T) = \sqrt{\sum_1^n \frac{(T_n - \bar{T})^2}{n-1}} = 1,7283.$$

Вычислим доверительный интервал:

$$\bar{T} - t_{a,n} \frac{\sigma(T)}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{T} + t_{a,n} \frac{\sigma(T)}{\sqrt{n}};$$
$$75,98 - 2,16 < \mu < 75,98 + 2,16.$$

2. Экспериментальные исследования

2.1. Введение

В настоящее время тканевая инженерия стала привлекательной областью исследований и разработок, в связи с потребностью в содействии регенерации функциональных живых тканей или органов [1,2]. В частности, большое внимание уделяется инкапсуляции клеток в гидрогели [3]. Среди таких материалов зачастую используются гидроколлоиды.

Гидроколлоиды представляют собой большую и гетерогенную группу полимерных материалов, которые в основном содержат полисахариды и некоторые белки. Гидроколлоиды изменяют физические свойства раствора путем образования геля или загущения, эмульгирования, покрытия и стабилизации. Среди углеводов или полисахаридов есть гидроколлоиды, такие как крахмал, агар, различные камеди и т. д. Гидроколлоиды могут иметь различное происхождение: они производятся естественным образом из

растений, животных, водорослей и даже некоторые из них микроорганизмами. Комбинация таких гидрогелей обеспечивает не только структурированную основу для клеток, но и служит регенеративным проводником для контроля поведения клеток [4]. Поэтому оптимизированный состав в конструкциях тканей представляет собой актуальный способ оценки жизнеспособности и функциональности инкапсулированных клеток.

Ведущим методом создания живых тканевых конструкций является трехмерная (3D) биопечать [5,6]. Процесс биопечати заключается в нанесении нагруженных клетками биоматериалов, также называемых биочернилами, на печатный стол в соответствии с компьютерной моделью, которая имитирует структуру естественной живой ткани [7,8].

За последние несколько лет, исследования в области взаимодействия неоднородных (compound) капель жидкости со сложными по структуре поверхностями способствовали развитию технологии 3D биопечати [9]. Более того, соударение со стенкой капель жидкостей с дисперсной фазой представляют практический интерес для многих практических приложений, так как такие жидкости позволяют усовершенствовать ключевые характеристики рабочих процессов [10]. Однако, все ещё остаются актуальными вопросы взаимодействия капель жидкостей с вязкоупругими свойствами и капель полимерных и биополимерных жидкостей с твердой поверхностью [10]. Наличие дисперсной фазы осложняет анализ результатов и вносит особенности в известные процессы, возникающие при соударении капли с поверхностью. Кроме того, много внимания уделяется вопросам влияния структуры и смачиваемости поверхности [10] на исследуемые процессы. В контексте данного исследования жидкости с дисперсной фазой используются при формировании функциональных тканей [9]. В свою очередь, сформированные ткани имеют сложную структуру и обладают смачиваемостью, отличной от традиционных материалов (стекло, металлы) [9]. Таким образом, исследование вопросов взаимодействия капель

жидкостей с дисперсной фазой с гидрофобными и гидрофильными поверхностями играет важную роль в развитии тканевой инженерии [10].

Поэтому целью данного раздела работы является экспериментальное исследование соударения с нановолокнистым материалом капель эмульсии термочувствительного полимера с частицами микрогеля в качестве дисперсной фазы.

Основные задачи исследований:

- 1) приготовление полимерной эмульсии;
- 2) разработка методики экспериментальных исследований взаимодействию полимерной эмульсии с нановолокнистой поверхностью;
- 3) монтаж экспериментального стенда на основе высокоскоростной регистрирующей аппаратуры;
- 4) планирование и проведение экспериментов;
- 5) проведение первичной обработки данных;
- 6) выделение особенностей и получение зависимостей.

2.2. Материалы

В процессе формирования полимерной эмульсии применяется водный раствор агара (Agar) в качестве дисперсионной среды и частицы микрогеля, сформированные из водного раствора альгината натрия ($C_6H_7O_6Na$)_n) и кросслинкера (водный раствор хлорида кальция $CaCl_2$). Концентрация агара в водном растворе составляет 8 мг/мл, концентрация альгината натрия – 4 мг/мл, а концентрация хлорида кальция – 80 мг/мл. Используемые растворы и их компонентный состав представлены в таблице 1. Добавление кросслинкера в эмульсию обеспечивает поддержание гелеобразного состояния частиц микрогеля и повышает их стойкость к слипанию. Это позволяет сохранять устойчивость эмульсии на протяжении длительного времени и обеспечивает ее эффективные физико-химические свойства.

Таблица 1 – Компонентный состав исследуемых полимерных эмульсий

Наименование	Массовая доля раствора агара	Массовая доля частиц микрогеля (ω)	Массовая доля хлорида кальция
PE-20	0,6	0,2	0,2

Выбор данных компонентов эмульсии обуславливается биосовместимостью. Агар (Agar) является растительным заменителем желатина. Представляет из себя смесь полисахаридов агарозы и агаропектина, получаемых из красных морских водорослей. Данное вещество применяется для формирования плотных и полужидких сред и растворяется полностью в воде при температурах от 95 °С. При охлаждении до комнатной температуры агар превращается в крепкий гель, который является термообратимым – при нагреве до температур 85–95 °С, он становится жидким раствором.

Альгинат натрия ($C_6H_7O_6Na)_n$), натуральный природный полисахарид, получаемый из морских водорослей, используется в качестве пищевой добавки как стабилизатор и загуститель. При выборе вещества для раствора кросс-линкера также учитывается возможность ионного сшивания цепей альгината и ионов кальция, которые являются типичным примером взаимодействия. Концентрации растворов альгината натрия и хлорида кальция подобраны в соответствии с обеспечением необходимого условия формирования однородной структуры «ядро-оболочка» за счет градиента поверхностного натяжения между двумя взаимодействующими жидкостями; отличие коэффициентов поверхностного натяжения жидкостей более чем на 10 мН/м. В процессе ионного сшивания формируется гелеобразная оболочка, а ядро остается жидким.

Измерение вязкости полимерных эмульсий и их компонентов проводилось на ротационном вискозиметре Brookfield DV3T LV (диапазон измерения 1 – $6 \cdot 10^6$ мПа·с, воспроизводимость $\pm 0,2$ %) с SSA-адаптером и шпинделем SC4-18. Вязкость эмульсий измерялась при температуре 85 °С, что

соответствует температуре образца при проведении эксперимента по взаимодействию капли с поверхностью.

Измерение поверхностного натяжения полимерных эмульсий и их компонентов осуществлялось на тензиометре Kruss K20 (разрешение 0,01 мН/м, диапазон измерения 1 ... 999 мН/м) методом пластины Вильгельми. Измерение проводилось при температуре 85 °С, что соответствует температуре образца при проведении эксперимента по взаимодействию капли с поверхностью.

Значения физических свойств эмульсий (вязкость, поверхностное натяжение) принимаются равными значениям физических свойств раствора агара вследствие незначительных отличий значений этих свойств у эмульсий. В таблице 2 приведены измеренные значения физических свойств полимерных эмульсий и их компонентов.

Таблица 2 – Свойства исследуемых жидкостей

Наименование	Плотность (ρ), кг/м ³	Вязкость (μ), мПа·с	Поверхностное натяжение (σ), мН/м
PE-20	1262	1,40	37,4±0,07
CaCl ₂	998	0,89	35,07±0,09

Измерен краевой угол смачивания θ для исследуемого состава PE-20 на двух наномембранных поверхностях, изготовленных с использованием электроспиннинга, методом лежащей капли с помощью прибора Kruss DSA25. Прибор для измерения краевого угла DSA25 включает в себя столик для исследуемых материалов, регулируемый по высоте, видеокамеру, систему освещения и шприцевой насос. Для исключения систематической ошибки проведено по 5 измерений для каждого образца. Полученные средние значения контактного угла θ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Статический контактный угол нагретого раствора агар-агара

№ измерения	1	2	3	4	5	Ср. значение
Поверхность						
Поверхность, склонная к гидрофобным свойствам	124,6 °	129,2 °	125,2 °	130,2 °	127,3 °	127,3 °
Поверхность, склонная к гидрофильным свойствам	43,5 °	50,8 °	47,9 °	49,9 °	52,5 °	48,9 °

Гидрофильная поверхность (в том числе стекло) реагирует на контакт с жидкостями. Растекшиеся капли воды на такой поверхности либо впитываются, либо собираются в жидкую пленку и стекают, почти не оставляя следов.

При контакте гидрофобной (водоотталкивающей) поверхности с жидкостью происходит именно то, на что прямо указывает название: такие поверхности отталкивают воды.

2.3. Экспериментальный стенд

Для экспериментального исследования взаимодействия капли полимерной эмульсии с поверхностью используется стенд, схема которого изображена на рисунке 2. Основными элементами данного стенда являются высокоскоростная камера Phantom Miro M310 (1), компьютер с программным обеспечением Phantom camera control (2), подставка для различных поверхностей (3), гидрофильная (гидрофобная) поверхность (4), светодиодный прожектор GSVITEC MultiLED QT и блок управления GSVITEC MultiLED G8 с возможностью регулировки мощности (5), диффузор для обеспечения однородного фона в области регистрации (6), фиксатор для шприца (7), шприц для генерации капель (8), модуль линейного перемещения для контроля высоты сброса капель (9), магнитная мешалка с пробиркой (10). В качестве поверхностей взаимодействия используются мембранные

(нановолокнистые) полотна, обладающие гидрофобными и гидрофильными свойствами.

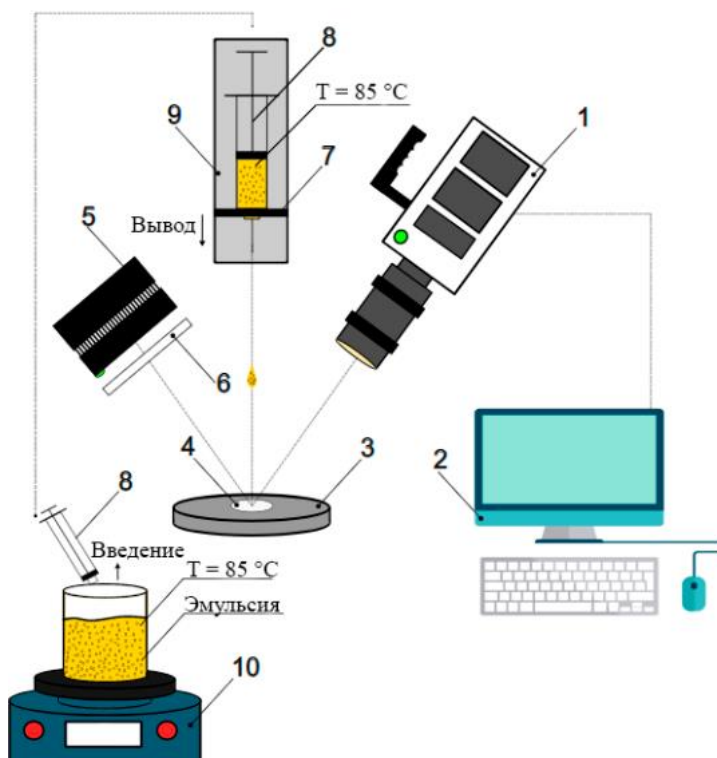


Рисунок 2 – Схема экспериментального стенда для исследования взаимодействия капли полимерной эмульсии с гидрофобной и гидрофильной поверхностями:

1 – CMOS камера; 2 – ПК; 3 – Подставка; 4 – Гидрофобная или гидрофильная поверхности; 5 – Прожектор; 6 – Диффузор; 7 – Фиксатор для шприца; 8 – Шприц; 9 – Модуль линейного перемещения; 10 – Магнитная мешалка.

Видео регистрация процесса взаимодействия осуществлялась при скорости съемки 10 000 кадров в секунду и разрешении 320×320 пикселей, масштабный коэффициент при горизонтальном измерении 0,024262 мм/пиксель, масштабный коэффициент при вертикальном измерении 0,026574 мм/пиксель. Камера с объективом Nikon 200mm f/4D ED-IF AF Micro-Nikkor (фокусное расстояние 200 мм) располагалась сверху под углом 25° к поверхности взаимодействия.

В данной работе высота варьировалась и равна 1 см, 4 см, 10 см, 18 см, а числа Вебера 50, 100, 300, 500 соответственно. Температура рабочей поверхности составляет 22 ± 2 °С.

Готовая горячая полимерная эмульсия в закрытой пробирке остается на магнитной мешалке в режиме перемешивания и нагрева для поддержания однородности, и избегания затвердевания раствора агара при температуре 85 °С и скорости вращения якоря 350 об/мин. Перед проведением эксперимента перемешивание прекращается для набора эмульсии в шприц. Шприц с иглой (внутренний диаметр иглы 1,55 мм) предварительно нагревается до температуры 85 °С в сушильном шкафу. После того, как порция полимерной эмульсии набрана в шприц, вращение якоря на магнитной мешалке восстанавливается. Далее, шприц вместе с набранной порцией полимерной эмульсии помещается в фиксатор для системы генерации капли (7). Предварительно перед проведением эксперимента сливаются две капли полимерной эмульсии, так как предполагается, что жидкость, находящаяся внутри металлической иглы, охлаждается значительно в сравнении с объемом жидкости в пластиковом шприце. Соударение третьей капли полимерной эмульсии в серии регистрируется. После проведения эксперимента вся оставшаяся в шприце жидкость сливается обратно в пробирку. Время термостатирования эмульсии между экспериментами составляет не менее 10 минут. Время, затрачиваемое на манипуляции, начиная от набора исследуемой жидкости и заканчивая моментом соударения капли со стенкой составляет не более 30 секунд. Поэтому считается что капля на выходе из сопла имеет температуру, незначительно отличающуюся от 85 °С.

Все описанные выше меры позволяют достичь одинаковых условий при проведении серии экспериментов с термоотверждаемой полимерной эмульсией.

2.4. Методы исследования

В данной работе варьируемой величиной является высота сброса капли микрогеля и используемые поверхности. Определяемыми характеристиками являются динамический диаметр растекания капли (D), максимальный диаметр растекания ($D_{\max}$), динамический диаметр внешней деформации ($D_{\text{внеш}}$), высота сброса капли (H) и количество пальцев на ободке капли микрогеля (N). В качестве начальных условий заданы начальный диаметр капли (D_0) и скорость в момент соударения капли с поверхностью (U_0).

Высота подъёма капли (h) представляет собой расстояние между верхней и нижней границей капли.

Начальный диаметр D_0 капли определялся за один кадр до момента соударения капли полимерной эмульсии с поверхностью гидрофобной и гидрофильной мембранной. Среднее значение начального диаметра капли D_0 составляет 4 мм. На рисунке 3 показана схема измерения начального диаметра капли полимерной эмульсии D_0 .

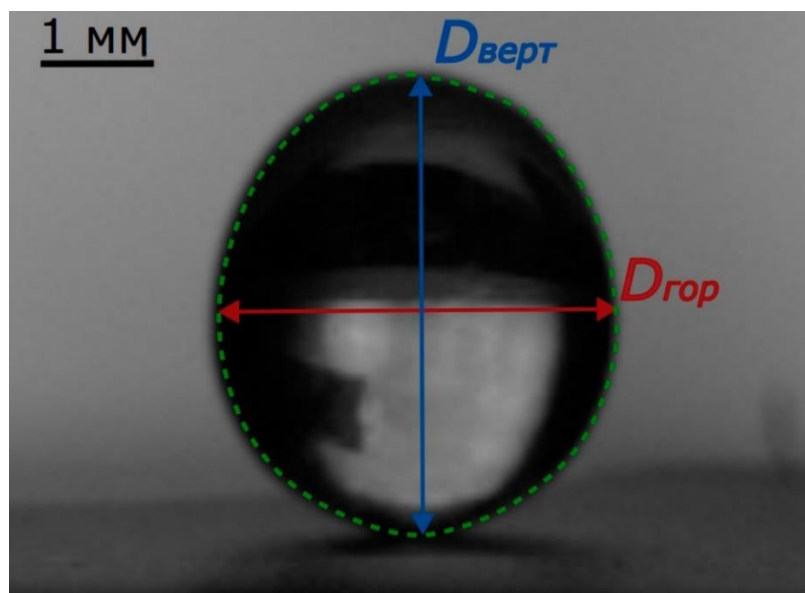


Рисунок 3 – Схема измерения начального диаметра (D_0) капли полимерной эмульсии

Максимальный диаметр растекания $D_{\max}$ и динамический диаметр растекания D определялся по видео при съёмке сбоку под углом 90° ,

аналогично измеряется диаметр внешней деформации $D_{\text{внеш}}$ и высота подъёма капли. Данные диаметры растекания капли микрогеля и высоты подъёма капли определяются в каждый момент времени с учетом скорости видеосъемки по трём видеоматериалам. На рисунке 4 показана схема измерения диаметра внешней деформации $D_{\text{внеш}}$ и высоты подъёма капли.

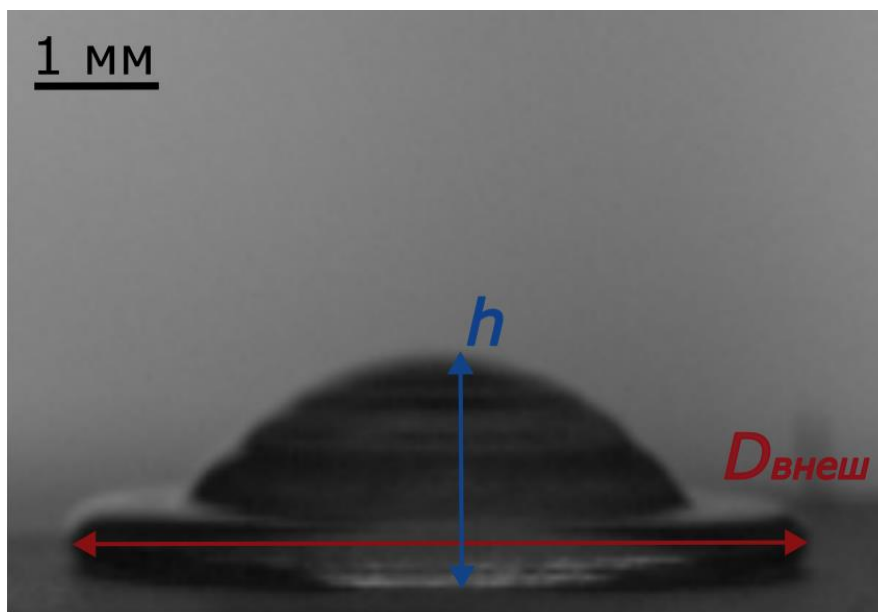


Рисунок 4 – Схема измерения диаметра внешней деформации ($D_{\text{внеш}}$) и высоты подъёма (h) капли.

2.5. Результаты

Обезразмеривание – полное или частичное удаление единиц измерения из уравнения, содержащего физические величины. Так можно упростить задачи с замеренными величинами и представить их параметрически с целью обобщения результатов. Для оценки диаметра внешней деформации введен критерий $\beta = D_{\text{внеш}}/D_0$.

Для демонстрации динамики изменения параметра β введено безразмерное время как $t^* = t \frac{U_0}{D_0}$, где t – время взаимодействия капли жидкости с поверхностью. На рисунках 5а, 5б представлены зависимости безразмерного диаметра β от безразмерного времени t^* для двух типов поверхностей.

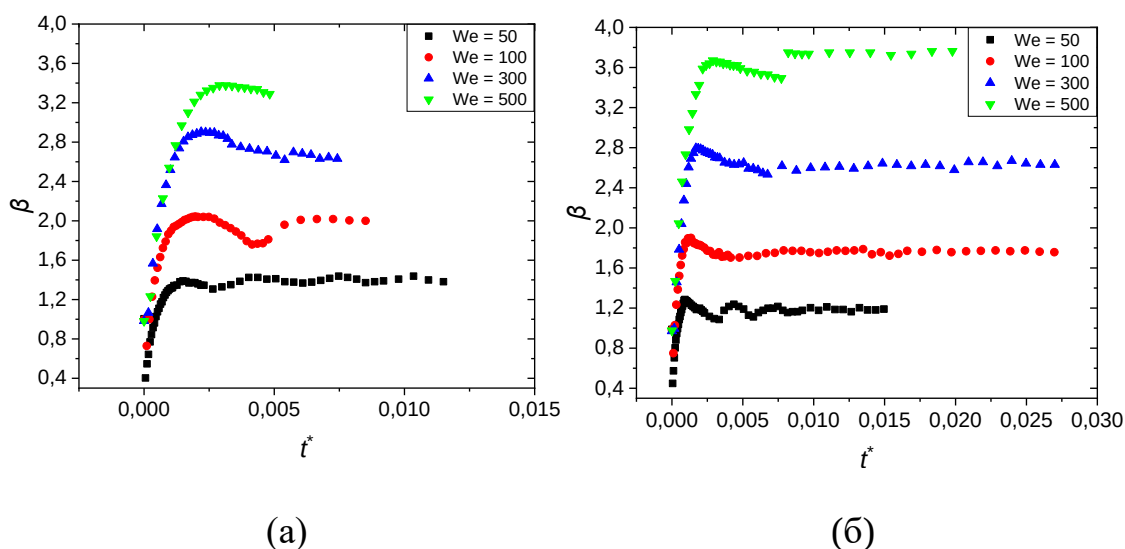


Рисунок 5 – Зависимости безразмерного диаметра (β) внешней деформации капли полимерной эмульсии от безразмерного времени (t^*) при взаимодействии с гидрофильной (а) и гидрофобной (б) поверхностями

В первую очередь, результаты исследований показывают, что при увеличении числа Вебера увеличивается значения β и уменьшаются значения t^* . Это связано с тем, что при увеличении высоты сброса капли, увеличивается максимальная скорость падения капли, что приводит к большему диаметру растекания. Также, наиболее примечательным отличием в последствиях соударения капель полимерных эмульсий с гидрофобной и гидрофильной поверхностью является то, что у гидрофобной поверхности достигаются большие значения t^* .

Для оценки динамики изменения высоты подъема капли введен безразмерный параметр $Z = h/D_0$. На рисунках 6а, 6б представлены зависимости значений Z от значений t^* при взаимодействии капли полимерной эмульсии с гидрофильной и гидрофобной поверхностями.

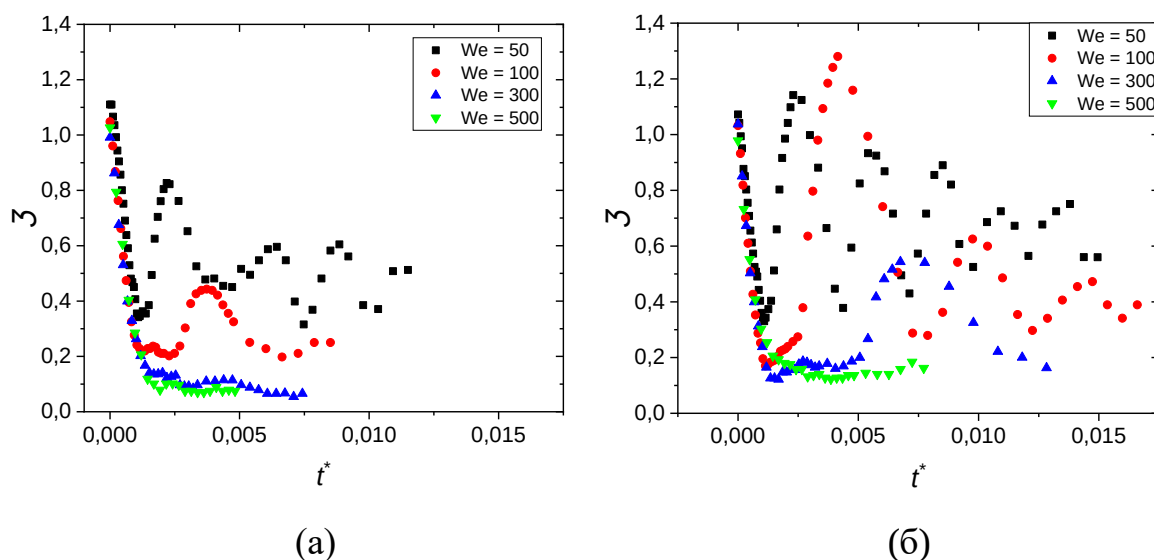


Рисунок 6 – Зависимости безразмерной высоты подъёма капли (Z) от безразмерного времени (t^*) при взаимодействии капли полимерной эмульсии с гидрофильной (а) и гидрофобной (б) поверхностями

Анализируя результаты, представленные на рисунках 6а, 6б можно сделать вывод, что при увеличении числа Вебера, уменьшается количество колебаний капли, а также уменьшается время контакта. При взаимодействии капли полимерной эмульсии с гидрофобной поверхностью, наблюдаются более частые колебания капли эмульсии и более высокие значения Z по сравнению с результатами при взаимодействии с гидрофильной поверхностью.

Для анализа динамики изменения максимального диаметра растекания введен безразмерный параметр $\beta_{max} = D_{max}/D_0$. На рисунке 7 представлена зависимость изменения значения β_{max} от значения We .

Число Вебера рассчитывалось по следующей формуле:

$$We = \frac{\rho \cdot u_0^2 \cdot d_0}{\sigma}, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости;

d_0 – начальный диаметр капли;

u_0 – начальная скорость капли;

σ – коэффициент поверхностного натяжения.

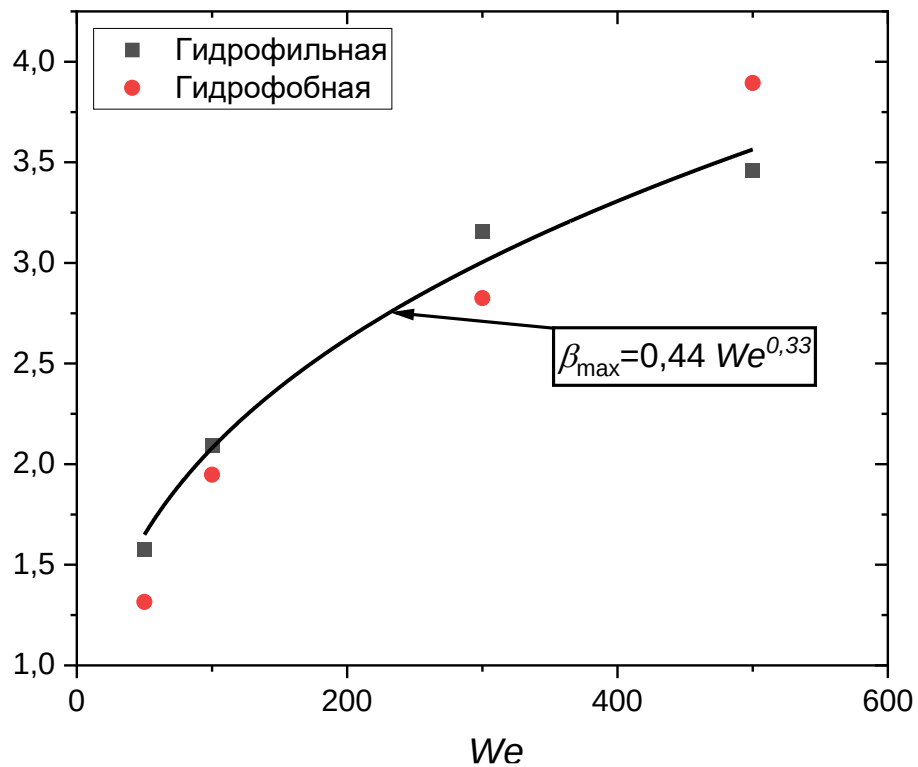


Рисунок 7 – Зависимость безразмерного диаметра максимального растекания (β_{max}) капли полимерной эмульсии от значения We

Полученные данные описываются степенной функцией вида ax^b с коэффициентом детерминации 0,98. Однако необходим более детальный анализ для оценки влияния смачиваемости на процесс растекания капли полимерной эмульсии при соударении с поверхностью.

2.6. Заключение

В качестве основных выводов данного экспериментального исследования о влиянии числа We при взаимодействии капли полимерной эмульсии с гидрофильными и гидрофобными поверхностями можно выделить следующее:

1. на обеих поверхностях при увеличении числа We наблюдается увеличение динамики растекания капли, вследствие чего увеличивается β_{max} ;

2. при взаимодействии капли полимерной эмульсии с гидрофобной поверхностью наблюдается большее количество колебаний капли, по сравнению с взаимодействием с гидрофильной поверхностью;

3. выведено эмпирическое выражения для безразмерного коэффициента максимального диаметра внешней деформации, учитывающая значения числа We : $\beta_{max} = 0,44 We^{0.33}$.

3. Выбор и анализ объекта автоматизации

3.1. Поиск и анализ информации об объекте автоматизации в соответствии с индивидуальным заданием

Важно обеспечить точную температуру водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий, поскольку используемые растворы являются термочувствительными, и при критическом изменении температуры происходит их полимеризация (отверждение).

К основным технологическим параметрам, подлежащим контролю и регулированию в химико-технологических процессах, относят расход, уровень, давление, температуру, значение pH и показатели качества.

Температура является показателем термодинамического состояния системы и используется как выходная координата при регулировании тепловых процессов. Динамические характеристики объектов в системах регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Поэтому общие рекомендации по выбору АСР температуры сформулировать невозможно, и требуется анализ каждого конкретного процесса [11].

К общим особенностям АСР температуры можно отнести значительную инерционность тепловых процессов и промышленных датчиков температуры. Поэтому одна из основных задач при проектировании АСР температуры – уменьшение инерционности датчиков.

3.2. Описание назначений объектов автоматизации

Перистальтический насос – разновидность насоса для перекачки жидкостей и пастообразных веществ. Принцип действия основан на передавливании эластичной трубки каким-либо механическим органом, например катящимися по окружности роликами, которые проталкивают жидкость на выход насоса.

Термостат – прибор для поддержания постоянной температуры, за счет использования терморегулятором, либо осуществления фазового перехода.

Терморегулятор – устройство, которое отслеживает температуру по средствам датчика температуры (ДТ), впоследствии производя включение и выключение нагревательных линий.

Датчики температуры – датчики для измерения температуры. Различают следующие виды датчиков: манометрический термометр, термоэлектрический преобразователь, терморезистор, термометр сопротивления.

Манометрический термометр – прибор для измерения температуры. Принцип действия основан на измерении давления жидкости или газа в замкнутом объёме, которое меняется при изменении температуры. Шкала манометра градуируется непосредственно в единицах температуры.

Термопара (термоэлектрический преобразователь) – устройство в виде пары проводников из различных материалов, соединённых на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения.

Терморезистор – полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого изменяется в зависимости от его температуры.

Термометр сопротивления – электронный компонент, датчик, предназначенный для измерения температуры. Принцип действия основан на зависимости электрического сопротивления металлов, сплавов и полупроводниковых материалов от температуры.

ПИ-регулятор (пропорционально – дифференцирующий регулятор). Это параллельное соединение П- и И- регуляторов. ПИ-регулятор сочетает положительные моменты П- и И-регуляторов.

Трубопровод – инженерно-техническое сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

Эмульсия – это смесь двух или более жидкостей, которые обычно не смешиваются вследствие разделения жидкой и жидкой фаз.

3.3. Описание процессов, происходящих внутри объектов, а также процессов, в которых непосредственно задействованы рассматриваемые объекты

Эмульсия подается в магнитную мешалку, где измеряется ее температура и давление с помощью датчиков температуры и давления. Магнитная мешалка непрерывно перемешивает состав с заданной частотой оборотов для предотвращения осаждения частиц эмульсии на дно. Далее эмульсия подается в трубопровод с помощью перистальтического насоса. На трубопровод установлен греющий кабель с подключенным терморегулятором.

Регулирующее устройство сравнивает полученную величину температур в резервуаре на магнитной мешалке и в конце трубопровода. Затем рассчитывается разница между измеренным и заданными значениями температур и вырабатывается сигнал на исполнительный механизм. Далее терморегулятор изменяет температуру греющего кабеля, что позволяет регулировать температуру внутри трубопровода.

ПИ-регулятор оказывает воздействие на регулирующий орган пропорционально отклонению и интегралу отклонения регулируемой величины.

3.4. Сравнительный анализ найденных объектов автоматизации

В результате проведенного сравнительного анализе, не было найдено типовых объектов автоматизации, поэтому можем выбрать по способам регулирования температуры. Разберем 2 способа регулирования температуры в промышленности:

1. Регенеративный подогрев

Регенеративный подогрев – подогрев конденсата и питательной воды паром, отработавшим в турбине. Отбор пара из промежуточных ступеней турбины для это цели называют регенеративным отбором, подогреватели для подогрева воды таким способом – регенеративными подогревателями.

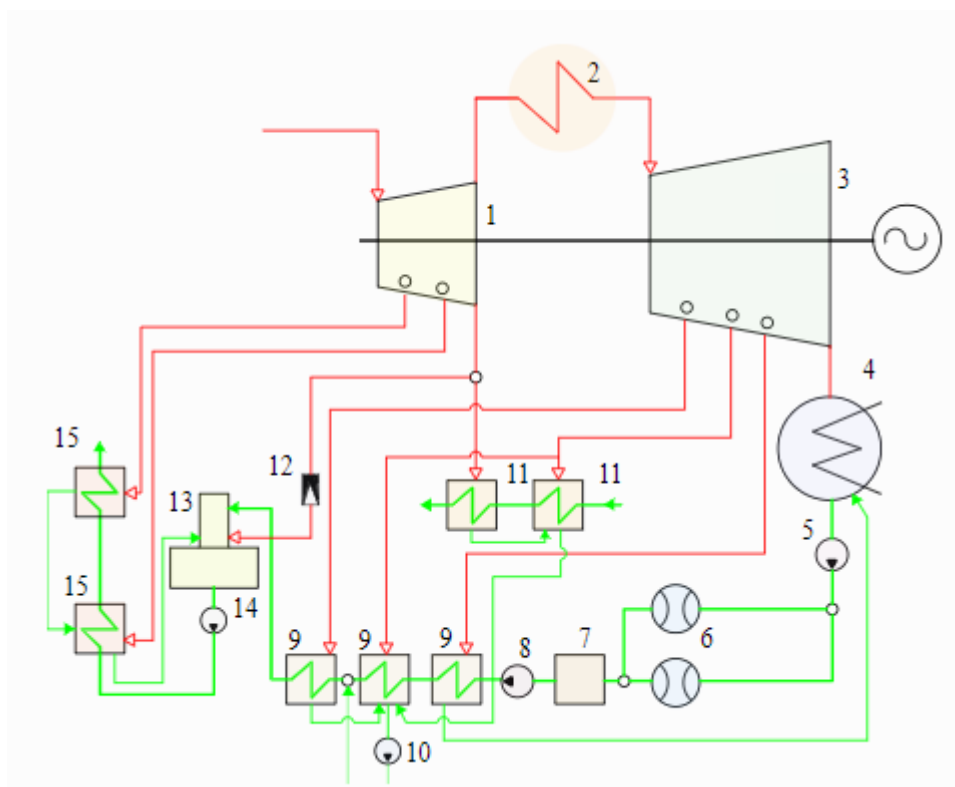


Рисунок 8 – Принципиальная тепловая схема паротурбинной установки

На рисунке 8 изображена принципиальная тепловая схема паротурбинной установки. Регенеративный подогрев осуществляется паром, отработавшим в турбине. Греющий пар, совершив работу в турбине, конденсируется затем в подогревателях системы регенерации ПТУ.

Выделенная этим паром теплота фазового перехода возвращается в цикл, т.е. как бы восстанавливается или регенерируется. В зависимости от начальных параметров пара и количества отборов пара на регенерацию относительное повышение КПД турбоустановки за счет регенерации составляет от 7 до 15 %. Регенерацию можно рассматривать как процесс комбинированной выработки энергии с внутренним потреблением теплоты пара, отбираемого из турбины. Регенеративный подогрев воды снижает потерю теплоты с отработавшим паром в конденсаторе турбины.

Греющие пары поступают в корпуса подогревателей. За счет нагрева воды, протекающей внутри трубок, происходит конденсация этих паров. Образующийся конденсат собирается в нижней части корпусов. Этот конденсат, называемый дренажом подогревателей, дренажными насосами закачивается в линию основного конденсата и смешивается с потоком нагреваемого конденсата. Таким образом происходит регулирования температуры в линии основного конденсата [12].

2. Подогрев греющим кабелем

Электрообогрев труб необходим для нормального функционирования и передачи исходного продукта по трубам, так же способствует сохранению вязкости транспортируемой жидкости. На рисунке 9 представлена схема с применением внешнего греющего кабеля для обогрева трубы.

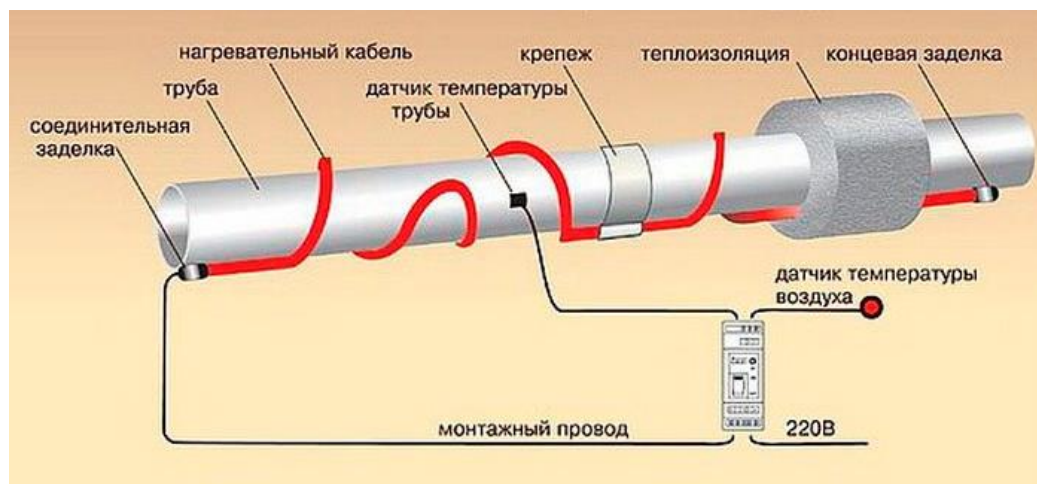


Рисунок 9 – Схема монтажа системы обогрева трубы

Принцип работы саморегулирующегося проводника заключается в движении электроэнергии по нагревательным жилам. В результате чего, происходит увеличение температуры, а, следовательно, и сопротивления. Таким образом происходит обогрев трубопровода.

Провод с саморегуляцией – это проводники, заключенные в полимерную матрицу. Для работы не требуется регулятор, он сам будет поддерживать ту температуру, на которую его настроить, поэтому он не перегревается. Нагреватель крепиться к изделию пластиковыми хомутами, стекловолоконной самоклеящейся лентой или алюминиевым скотчем. Крепежные элементы ставятся каждые 30 см. Провод обязательно размещается под трубой – это защитит его от механических повреждений. Теплоизоляция размещается сверху, она должна покрывать трубу вместе с нагревателем полностью [13].

3.5. Выбор объекта автоматизации

Исходя из проведенного анализа в п.1.4, можно сделать вывод, что объектом автоматизации система приготовления полимерной эмульсии с методом регулирования температуры с помощью греющего кабеля и терморегулятора.

Основные характеристики, определяющие выбор:

- надёжность;
- простота конструкции;
- меньшие затраты энергоресурсов.

Так как в работе представлен объект, который используется в экспериментальной установке, то необходимо обеспечить надежность и простоту конструкции.

3.6. Перечень регулируемых и контролируемых параметров

В таблице 4 представлены регулируемые и контролируемые параметры.

Задачи системы автоматического регулирования состоит в поддержании заданной температуры эмульсии на выходе из трубопровода. Соответственно регулируемым параметром будет температура эмульсии в конце трубопровода. Регулирующими параметрами будет температура греющего кабеля, который будет подогревать эмульсию в трубопроводе и частота оборотов мешалки, которая будет не допускать осаждение частиц на дно резервуара и засорения трубопровода. Контролируемым параметром будет давление в резервуаре и в трубопроводе.

Таблица 4 – Перечень регулируемых и контролируемых параметров

Регулируемый параметр		Контролируемый параметр	
Номинальное значение	Диапазон изменения	Номинальное значение	Диапазон изменения
1. Температура эмульсии		1. Температура термокабеля	
85 °C	0 °C... 100 °C	85 °C	0 °C... 100 °C
		2. Частота оборотов мешалки	
		500 Об/мин	0...1500 Об/мин

3.7. Список возмущающих и регулирующих воздействий

В нашем случае используется экспериментальный стенд и поэтому единственные внешние возмущения это: температура окружающей среды и вибрация стенда во время работы и проведения экспериментов. Температура окружающей среды ниже рабочей температуры эмульсии, поэтому окружающая среда будет непрерывно охлаждать наш объект. Под воздействием вибрации возбуждаются колебания перекрытия, которые затем передаются на следующие элементы системы, они могут сказаться на корректной работе оборудования или стать причиной забивкой трубопровода частицами эмульсии.

4. Разработка структурной схемы АСР

4.1. Типовые структурные схемы АСР

Структурная схема АСР представляет собой схему, включающую звенья (элементы) АСР и связи между ними. При проектировании АСР необходимо учитывать способ регулирования технологического параметра. Способ регулирования определяется, в основном, связями между звеньев АСР и формируемым законом регулирования. При рассмотрении возможных вариантов структурной схемы АСР следует учитывать особенности технологического процесса. Так как нет типовых структурных схем по теме «АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий», перейдем сразу к созданию схемы.

4.2. Разработанная структурная схема АСР

В системе происходит регулирование температуры эмульсии за счет изменения температуры греющего кабеля. Эмульсия подается по трубопроводу за счет перистальтического насоса. Сигналы, которые поступают на ПЛК, обрабатываются. В случае расхождения значений температур в мешалке и на выходе из трубопровода вырабатывается управляющее воздействие, передающееся на терморегулятор, который изменяет температуру греющего кабеля. Температура измеряется с помощью термоэлектрических преобразователей. При достижении заданных значений температуры эмульсии, происходит поддержание заданного значения.

На структурной схеме АРМ обозначается автоматизированное рабочее место оператора. РТП – регулируемый технологический параметр, а точнее температура эмульсии. ПП1 и ПП2 – первичные преобразователи температуры и давления. ИМ – исполнительный механизм, в нашем случае терморегулятор,

который выдает управляющий сигнал на регулирующий орган – греющий кабель и тем самым поддерживает необходимую температуру.

Структурная схема автоматической системы регулирования представлена на листе с шифром ФЮРА.42100.022 С1.

5. Разработка функциональной схемы АСР

5.1. Технологическая схема

Функциональная схема (схема автоматизации) является основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображено в виде контуров, упрощённых до такой степени, которая позволяет показать, как взаимосвязь отдельных частей технологической цепи, так и принцип её действия, а также взаимодействие с датчиками и другими техническими средствами системы автоматизации.

На технологических трубопроводах показаны только та регулирующая арматура, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации. Техническим средствам автоматизации, изображенным на функциональной схеме, присвоены позиционные обозначения. На рисунке 10 изображена технологическая схема.

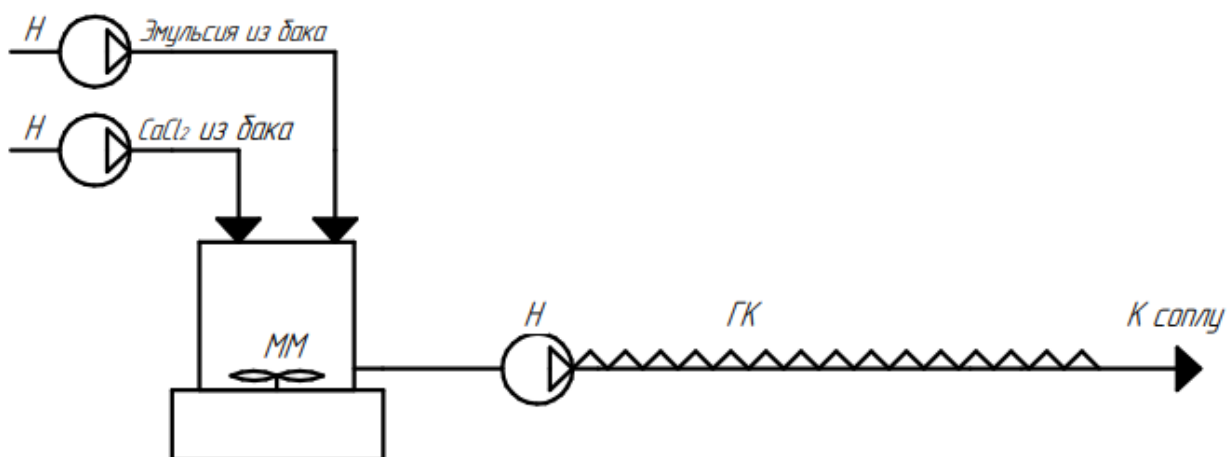


Рисунок 10 – Технологическая схема

В резервуар, находящийся на магнитной мешалке, поступает поток эмульсии и CaCl_2 . После чего компоненты перемешиваются и нагреваются до заданной температуры. Перемешивание необходимо для предотвращения осаждения частиц на дно резервуара. Далее с помощью насоса эмульсия подается в трубопровод. Вдоль трубопровода проложен греющий кабель, который поддерживает заданное значение температуры с помощью терморегулятора. Таким образом эмульсия на выходе имеет необходимую температуру.

5.2. Разработанная функциональная схема АСР

На чертеже разработанной функциональной схеме АСР изображено:

- в верхней части – технологическая схема объекта автоматизации;
- по середине – таблица с местом установки технических средств;
- в нижней части разработанного чертежа – список условных обозначений.

РУ – преобразователь сигнала для измерения давления, установленный по месту.

ТЕ – первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту.

Разработанная функциональная схема автоматической системы регулирования представлена на листе с шифром ФЮРА.42100.022 С2.

Изображение первичных преобразователей, исполнительных механизмов представляет собой окружность, от которой отходит линия связи с присвоенным ей номером. От них отводятся линии связи с номером измерительного или управляющего канала. Все эти линии затем ведутся в шкаф автоматизации, в котором находится контроллер. После прохождения сигналов через контроллер, происходит поступление их на АРМ оператора.

На данном этапе были определены измерительные каналы (1,2, 4, 5) и каналы регулирования (6,9,10). Измерительный канал 1 служит для передачи сигнала о величине температуры эмульсии в резервуаре на контроллер. По каналу 2 на контроллер передается значение температуры эмульсии в конце трубопровода. Измерительные каналы 4,5 передают на контроллер значение давления эмульсии внутри резервуара и трубопровода соответственно. Регулирующий канал 3 предназначен для регулирования температуры греющего кабеля с помощью терморегулятора.

6. Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации

Магнитная мешалка – это лабораторное устройство, которое использует вращающееся магнитное поле, чтобы заставить мешалку, погруженную в жидкость очень быстро вращаться, тем самым перемешивая ее. В нашем случае используется магнитная мешалка с подогревом. Она позволяет отрегулировать значение температуры на выходе из резервуара.

Преимущества магнитной мешалки:

- вихревой поток происходит при помощи магнитного якоря, соединенного с мотором магнитным полем. Это дает возможность проводить перемешивание в герметически закрытой лабораторной посуде;
- отсутствует процесс взаимодействия с перемешиваемым химическим составом;
- простой и удобный процесс эксплуатации;
- легкость, малогабаритность, бесшумность.

Принцип работы магнитной мешалки: необходимый химический реактив помещается в лабораторную посуду из стекла, после чего их кладут на специальную платформу с подогревом магнитной мешалки. Устанавливается определенное значение частоты оборотов и температуры, после чего якорь, находящийся в емкости, приводится в движение магнитами на двигателе. Так происходит процесс перемешивания. В таблице 5 представлены технические характеристики различных магнитных мешалок.

Таблица 5 – Технические характеристики магнитных мешалок

Название	Нагрев до, °С	Частота вращения, об/мин	Максимальный объем, л	Размер рабочей поверхности	Интерфейс подключения
US-1500A	340	100 – 1500	20	Ø135	RS-232
ОНАUS с подогревом HSMNHP4CAL	500	150 – 2000	10	102 x 102	-
MS-H380-Pro + PT1000	380	200 – 1500	5	140 x 140	-

Проведя анализ остановимся на мешалки типа US – 1500A, потому что ее технические характеристики полностью соответствуют требованиям, а также имеет RS-232.

Насос – гидравлическая машина, преобразующая механическую энергию приводного двигателя в энергию потока жидкости, служащую для перемещения и создания напора жидкостей различных видов. Разность давлений жидкости на выходе из насоса и присоединённом трубопроводе обуславливает ее перемещение. Перистальтические насосы существенно отличаются от всех типов насосного оборудования. Исключительная ценность этих агрегатов состоит в том, что перекачиваемая среда никаким образом не контактирует с конструктивными элементами насоса – только с используемой трубкой. Движение в ней осуществляется благодаря работе специальных роликов. Ролик прижимает один из участков трубки к корпусу агрегата. Жидкость внутри трубки оказывается внутри одной из ее частей и так дозированно перемещается внутри к выпускному отверстию. За роликом, пережимающим трубку из-за изменения объема образуется зона низкого давления. Это приводит к забору следующей порции перекачиваемой среды. В таблице 6 представлены технические характеристики насосов.

Таблица 6 – Технические характеристики насосов

Название	Скорость вращения двигателя, об/мин	Шаг изменения скорости, об/мин	Производительность, мл/мин	Размер трубки, мм
Перистальтический насос BT101L одноканальный	0,1 – 150	0,1	0,0001 – 720	0,8 – 1
Перистальтический насос LEAD-2	1 – 100	0,1	до 300	0,25 * 0,17
Перистальтический насос BT100-1F	0,1 – 100	0,01 до $10 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ 0,1 свыше $10 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	0,0002 – 600	0,25 * 0,17

В процессе поиска было найдено 3 насоса, мы выбираем насос типа BT101L одноканальный, т.к. как он полностью удовлетворяет требованиям системы по размеру и производительности.

Нагревательный кабель (греющий кабель) – это проводник высокого сопротивления, нагревающийся при прохождении по нему электрического тока. Является основным элементом систем кабельного обогрева, широко применяемых для решения проблем обогрева в промышленности и быту

Назначения:

- обогрев помещений или сооружений с малой кубатурой, включая декоративные комнаты, террариумы, шахты и колодцы;
- нагревание участка трубопровода, расположенного на открытом воздухе;
- разогрева замороженных объектов при выполнении на них технологических операций;
- защиты от замерзания воды или для предотвращения скопления влаги;
- поддержание температуры какого-либо объекта в заданных пределах.

В таблице 7 представлены технические характеристики греющих кабелей.

Таблица 7 – Технические характеристики греющего кабеля

Название	Номинальная мощность, Вт/м	Рабочее напряжение	Максимальная температура (непрерывно)	Максимальная температура (периодическая)
Fine Korea SRL40-2	40	220	85	100
РИЗУР-СГЛ-СТ-120/190	60	220	120	200

Проведя анализ выбираем Fine Korea SRL40-2, так как нам подходит диапазон рабочих температур, и он хорошо подходит для обогрева труб небольшого диаметра.

Датчики температуры предназначены для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. В таблице 8 представлены технические характеристики датчиков температуры.

Таблица 8 – Технические характеристики датчика температуры

Название	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур	НСХ
ТХАУ Метран-271	4 - 20	- 10...600	К
ТСМУ Метран-274	4 - 20	- 50...100	100М, 50М
ТСПУ Метран-276	4 - 20	- 50...150	РТ100

Проведя анализ выбираем ТСМУ Метран-274, потому что у него наименьший диапазон преобразуемых температур, соответственно при измерении будет наблюдаться меньшая погрешность измерения, также нам подходит диапазон температур.

Контроллер – это одно из важнейших технических устройств автоматизации в структуре производственных систем, которое работает в реальном масштабе времени. Он выполняет различные функции управления в соответствии с информацией, получаемой от датчиков. В данной работе рассматривались два контроллера. В таблице 9 представлены технические характеристики контроллеров.

Таблица 9 – Технические характеристики SIMATIC-S7-200 и Элси-ТМК

Характеристика	SIMATIC-S7-200	Элси-ТМК
Напряжение питания	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Количество дискретных входов	6	До 64
Количество аналоговых входов	6	От 2 до 24

Так как контроллер Элси-ТМК более доступен и универсален, значит выберем его.

Создание заказной спецификации – одна из задач проектной организации. В заказной спецификации отражается весь комплект приборов и технических средств автоматизации. После разработки структурной схемы, описания алгоритма работы системы автоматизации, разработки схемы автоматизации осуществляется подбор оборудования согласно необходимым приборам и ТСА. Позиции, принятые на ФСА присваиваются выбранным приборам и ТСА, также в данном документе излагается наименование приборов и количество, используемое в разрабатываемой системе автоматизации.

Для объекта автоматизации были выбраны следующие средства автоматизации:

- магнитная мешалка, US-1500A, в количестве 1 шт.;
- аналоговый преобразователь температуры, ТСМУ Метран-274, в количестве 2 шт.;
- греющий кабель, HWSRL30-2CR, в количестве 1 шт.;
- датчик давления, метран-150, в количестве 2 шт.;
- перистальтический насос ВТ101L одноканальный, в количестве 3 шт.;
- программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК, в количестве 1 шт.;

– терморегулятор для греющего кабеля Terneo sn, в количестве 1 шт.

Таблица 10 – Технические характеристики мешалки US-1500A

Параметр	Значение
Макс объем, л	20
Температурный диапазон нагрева	Комн.темп...+340 °С
Диапазон скорости вращения, об/мин	0-1500
Размеры нагревательной платформы, мм	Ø135
Точность регулирования	0,2 °С
Интерфейс	RS-232

Таблица 11 – Технические характеристики ТСМУ Метран-274

Параметр	Значение
Выходной сигнал, мА	4-20
Диапазон преобразуемых температур	-50...+100 °С
Предел допускаемой основной приведенной погрешности	0,5
НСХ	100М, 50М

Таблица 12 – Технические характеристики HWSRL30-2CR

Параметр	Значение
Линейная мощность, Вт/м	30
Максимально допустимая температура	+100 °С
Максимальная рабочая температура	+85 °С
Напряжение сети, В	220 - 240

Таблица 13 – Технические характеристики Метран-150

Параметр	Значение
Диапазоны измеряемых давлений	0 – 68 МПа
Выходной сигнал, мА	4...20
Основная приведенная погрешность	0,2
Диапазон температур окружающей среды	-40...85 °С

Таблица 14 – Технические характеристики насоса ВТ101L

Параметр	Значение
Расход насоса мл/мин	0,0001-720
Класс защиты	IP31
Потребляемая мощность, Вт	30
Интерфейс	Rs-485
Точность регулировки мотора, %	0,2

Таблица 15 – Технические характеристики Элси-ТМК

Параметр	Значение
Потребляемая мощность, Вт	70
Степень защиты	IP20
Количество дискретных входов/выходов	До 64
Количество аналоговых входов/выходов	До 24 / до 8

Таблица 16 – Технические характеристики Terneo sn

Параметр	Значение
Диапазон измеряемых температур	-30...+90 °C
Степень защиты	IP20
Номинальный ток нагрузки, А	32
Напряжение питания, В	220 - 240
Пределы регулирования	Верх: 0...10 °C Нижн.: -20...-1 °C

Заказная спецификация автоматической системы регулирования представлена на листе с шифром ФЮРА.42100.022 СО.

7. Разработка монтажной схемы АСР

7.1. Места установки технических средств АСР нижнего уровня

Схема соединений (или монтажная, код Э4) – схема, показывающая все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединитель, платы, зажимы и т.п.), а также соединение между этими устройствами и элементами.

Устройства и элементы на схеме изображают в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний. При изображении элементов в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний допускается внутри них помещать условно графические обозначения элементов. Входные и выходные элементы изображать в виде условно графических обозначений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Нижний уровень, он же полевой, включает в себя контрольно-измерительные приборы, запорно-регулирующую арматуру, исполнительный механизм, насос. На данном уровне, как правило, выполняется контроль за технологическими параметрами; преобразование полученных параметров в унифицированные сигналы; определение положения и состояния исполнительных механизмов; взаимодействие с запорно-регулирующей арматурой. В данной работе на нижнем уровне располагаются датчики измерения температуры и давления, перистальтический насос, магнитная мешалка, терморегулятор.

Средний уровень представлен контроллером, который занимает важнейшее место в автоматической системе управления. Сигналы, получаемые датчиками технологических параметров, поступают на контроллер, а дальше происходит формирование команд исполнительным механизмам, пусковым устройствам и другим элементам структуры, связанным с ним.

Верхний уровень автоматизации в данной работе представлен автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ) – это место, в котором происходит сбор, обработка, систематизация, хранение, формирование базы данных, архивирование информации о технологическом процессе, которая представляется оператору для получения от него команд управления. Также производится формирование сигналов, которые поступают на полевой уровень, при помощи сигналов, подаваемых через контроллер, с целью поддержания режимов работы

7.2. Выбор оборудования

Кабели выбираются по количеству жил и размеру сечения. Кабель КРВГЭ – контрольный экранированный кабель, с медной жилой, изоляцией из резины, оболочкой из ПВХ. Предназначен для неподвижного присоединения

к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В или постоянным напряжением до 1000 В.

Кабель КВВГЭ – контрольный экранированный кабель, с медной жилой, изоляцией и оболочкой из ПВХ. Назначение у данного кабеля такое же, как и у КРВГЭ.

Для щита силового управления выберем кабели ВВГ. Это силовой кабель с медными токопроводящими жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ-пластика без защитных покровов. Применяется для прокладки в сухих и влажных помещениях, в блоках, щитах.

На чертеже около каждого кабеля написано число жил, сечение кабеля и длина. Также около некоторых кабелей указано число задействованных жил. Сведем кабели в таблицу 17.

Таблица 17 – Кабели, использованные в схеме

Номер измерительного канала	Наименование кабеля
1-4	КВВГ
5-7, 13	КВВГЭ
8-12, 14	ВВГ

Клеммные коробки предназначены для соединения и разветвления кабелей. Они выбираются по числу клемм. Для датчиков температуры и давления, выберем соединительные клеммные коробки КС-10 с 10 клеммами, с сечением жил до 4 мм², IP65.

У датчиков температуры и давления на выходе унифицированный токовый сигнал. У терморегялтора коммутационный сигнал через RS 232.

На чертеже между шкафом автоматизации и датчиками приведена таблица с применяемыми клеммными коробками и их некоторые данные.

В верхней части чертежа приведена таблица с наименованием параметров, местами отбора импульсов и позициями датчиков. Под каждой позицией датчиков располагаются датчики температуры и давления. Исходя из руководства по эксплуатации, датчики температур и давления двухпроводные. Провода обозначаются, начиная со 101, и соединяются в кабели. В окружности на кабеле приводится маркировка измерительного канала. Кабели № 1-4 сводятся в клеммную коробку через 4 сальника M20, из коробки выходит кабель № 5 через сальник M25 на щит автоматизации.

С ЩР кабели 8-12, 14 идут на насосы, магнитную мешалку, греющий кабель и от насосов кабелем 6 в щит автоматизации. Мешалка питается от ЩР кабелем 11, и сигнал от неё идет в щит автоматизации с помощью кабеля 7.

Внизу чертежа изображен шкаф автоматизации. Он соединяется кабелем № 14 с щитом силового управления, который расположен справа в верхней части чертежа. Монтажная схема изображена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.022 С5.

8. Разработка электрической схемы и составление перечня элементов подсистем электрического питания и микроклимата, щита управления. Составление перечня элементов

На схеме соединений следует изображать все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т.д.), а также соединения между этими устройствами и элементами. Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии. Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри графических обозначений и

устройств или элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве или элементе.

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

Реле предназначено для замыкания и размыкания различных участков электрических цепей. Так как на данном этапе работы напряжение 220 В.

В схеме предусмотрено подключение микроклимата. Так как щит будет стоять в здании, значит предусмотрим только максимальную температуру, при которой будет функционировать щит. Когда температура превысит 40 °С, контакты реле К1 замкнутся и подадут питание на вентилятор.

Термостат предназначен для регулирования температуры в шкафу путем коммутации нагревателей. Выберем термостат TCR111. Диапазон показания регулировочной шкалы: 0...50 °С. Рабочее напряжение 230 В. Размеры: 60x33x43 мм.

Вентиляторы используются для охлаждения шкафа, тем самым способствуя улучшению стабильности работы и увеличению ресурса оборудования.

Выберем вентилятор. Степень защиты у вентилятора IP54. Габариты устройства – 150x150 мм.

Устройство защиты от перенапряжений предназначено для защиты оборудования, подключенного к линиям электропитания переменного тока 220 (230) В, от напряжений, вызванных электромагнитными импульсами высоких энергий.

Искробезопасные разделительные преобразователи для аналоговых датчиков типа ЕТ 422 обеспечивают измерение, линейное преобразование, гальваническое разделение сигналов аналоговых датчиков.

Барьеры искрозащиты предназначены для применения в качестве средства сопровождения искробезопасных и искроопасных цепей. Защитные диоды в барьере искрозащиты ограничивают напряжение, приложенное к искробезопасной цепи, а неповреждаемый токоограничивающий резистор ограничивает ток, который может проходить по искробезопасной цепи. В схеме используется барьер искрозащиты типа ЕТР-431.

Источник бесперебойного питания используется в качестве источника вторичного питания.

ИБП выбирается по нагрузке. Входное напряжение: 220 В (230 В); выходное напряжение: 24 В. Размеры: не более 87х137х137 мм, масса: не более 1,1 кг. Срок службы не менее 15 лет.

Для источника бесперебойного питания необходимо поставить аккумуляторный модуль.

Как правило, аккумуляторный модуль, источник бесперебойного питания и контроллер располагаются в верхней части щита. Ниже размещаются остальные необходимые устройства.

Выберем концевой выключатель DKC R5MC01. Размеры: 39х31х101.

Материал: пластик.

Розетка - DKC Viva.

Вилку выберем MC 1,5/5-STGF-3,81.

Автоматический выключатель – это коммутационное устройство, предназначенное для защиты электрической сети от сверхтоков, т.е. от коротких замыканий и перегрузок.

Автоматический выключатель фирмы Schneider Electric однополюсный ВА63 16А. Номинальный ток – 16А. Номинальное рабочее напряжение: 230 В.

К шине заземления подключается установленное в шкафу оборудование, требующее заземления.

Ниже схемы в области 2А показана шина заземления. Правее заземляющей шины указана диаграмма работы контакта термореле КК1. Также на листе внизу приведен список технических требований к электрической схеме.

Также в верхней части схемы предусмотрены резервные клеммы.

Подсистема ввода аналоговых сигналов щита управления содержит модуль аналогового ввода и вывода, разделительные преобразователи и блоки зажимов.

Выберем модуль питания TP 712 024 DC. Напряжение на входе модуля – 24 В. Количество поддерживаемых модулей: до 10. Размер: 38x193x143.

Процессорный модуль выберем TC 711 A8-100 2ETH.

Размер: 139x50x193.

Коммутационная панель ТК 711 6 предназначена для механического объединения модулей контроллера ЭЛСИ-ТМК организации электрических соединений между ними и для монтажа контроллера на месте установки.

Коммутационная панель – ТК 711 6. Количество подключаемых модулей: 1 модуль питания, 1 модуль процессорный, 4 модулей интерфейсных.

Коммутационный модуль – TN 713 2 485 2М. От насоса идёт токовый сигнал через RS-485 на коммутационный модуль. Предусмотрена защита между RS и коммутационным модулем.

Коммутационный модуль – TN713 2COM 921. От мешалки и греющего кабеля идёт токовый сигнал через RS-232 на коммутационный модуль. Предусмотрена защита между RS и коммутационным модулем. Размер: 50x193x146.

Для модуля требуется установить следующие кабели: KN713-X-19-1,5 и KN713-X-20-1,5.

Модуль аналогового ввода выберем TA 716 8I DC с 8 входами. Размер: 143x25x193.

Модуль аналогового вывода выберем ТА 713 8I DC с 8. Размер: 146x50x193.

Разработан перечень элементов и представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.022 ПЭ4

На 3 листе в области 5А представлена таблица с расположением модулей на панели контроллера. На 2 листе в области 4В изображены 2 модуля – модуль питания А и процессорный модуль А1, которые крепятся к коммутационной панели S1. Модуль А2 питается от клемм с блока зажимов ХТ02, указанных на листе 1/1В. Модули А2 и А3 расположены на 2 листе в области 4А. На 3 листе изображен модуль аналогового ввода А4 и модуль аналогового вывода А5.

Для модуля требуется установить следующие кабели: КА716-Х-31-1,5.

На электрической схеме соединения элементов и устройств электрической схемы подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов выполнены с помощью проводов. Также нанесены маркировка соединений и позиционные обозначения элементов и устройств.

Электрическая схема представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.022 Э4.

9. Разработка чертежа общего вида щита управления

9.1. Выбор шкафа для размещения оборудования

Основные функции шкафа:

- защита оборудования от неблагоприятных воздействий окружающей среды;
- защита человека от прикосновения к токоведущим частям;
- защита системы от несанкционированного доступа.

Выбираем компактный распределительный ЩМП-4-0 800х650х250мм У1 IP65 GARANT IEK с монтажной панелью, так как этот щит предназначен для размещения оборудования небольших АСР. Характеристики шкафа приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристики ЩМП-4-0 800х650х250мм IP65 с монтажной панелью (TITAN 5)

Характеристики	ЩМП-4-0 800х650х250
Материал	сталь
Способ монтажа	навесной
Степень защиты, IP	65
Размер, мм Ширина: Высота: Глубина:	650 800 250
Ввод кабеля	снизу

9.2. Описание общего вида щита управления

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

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

Целью данного этапа является составление комплекта чертежей, необходимых для изготовления щита, монтажа технических средств автоматизации, электрических проводок и эффективной эксплуатации средств автоматизации.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, в операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования щит с монтажной панелью (ЩМП).

Для оперативного контроля за ходом технологического процесса разместим в необходимом и достаточном количестве на щите контроллер и сборки зажимов.

В данном случае для размещения средств автоматизации используем щит с монтажной панелью, высотой 800 мм, шириной 650 мм и глубиной 250 мм – ЩМП 800х650х250.

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

Верхней части чертежа располагается DIN-рейка на которой закреплены модули контроллера А0-А5. Правее панели находится блок питания, а также бесперебойный источник питания. Там же, но чуть ниже расположена розетка XS1, автоматический выключатель, защита от перенапряжений, термореле, правее аккумулятор, который соединяется с ИБП. Посередине слева расположены преобразователи аналоговых сигналов, а также релейные модули на 24В. В нижней части щита слева расположены блоки зажимов XT1.

При разработке электрической схемы было определено количество и тип оборудования, которые находятся в щите управления. Также для разработки чертежа общего вида были найдены габаритные размеры каждого оборудования, их особенности монтажа.

В верхней части шкафа расположены концевой выключатель (SQ1) и лампа (EL1).

На двери шкафа размещены вентилятор и ручка.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.022 ВО.

10. Расчет параметров настройки регулятора

10.1. Идентификация объекта управления

Идентификацией систем называется объединение способов, с помощью которых строится математическая модель динамической системы по наблюдаемым данным. Выделяют два вида идентификации: пассивную и активную. Для активной идентификации исследуемый объект выводится из нормального рабочего режима, а на входы подают специальные сигналы. Активным видом идентификации пользуются для разработки новых технологий применительно к действующим промышленным объектам, а пассивную для уточнения математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона была использована динамическая модель изменения температуры нагревательного элемента (греющего кабеля). Модель составлена на базе экспериментальных исследований, проведенных на реальном объекте. Кривая разгона приведена на рисунке 11.

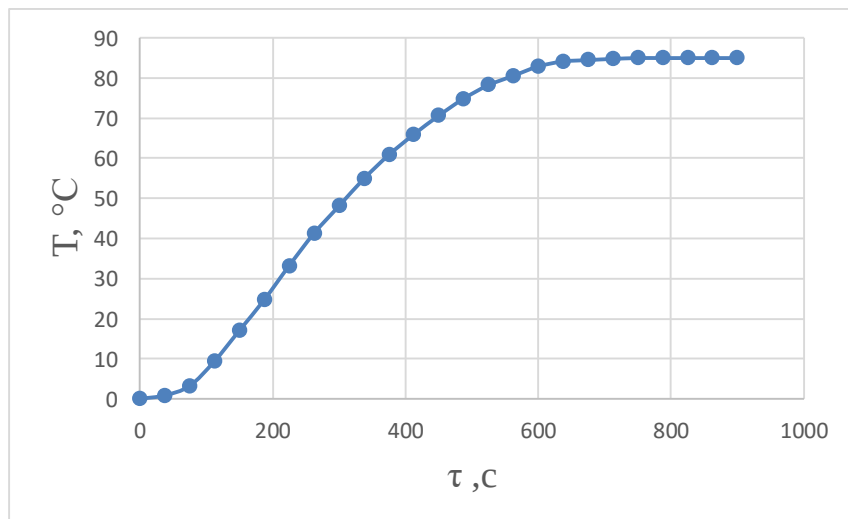


Рисунок 11 – Кривая разгона объекта управления: T – температура, τ – время

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

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP + 1)} e^{-P\tau}, \quad (2)$$

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases} \quad (3)$$

Получаем два неизвестных значения время запаздывания τ и постоянную времени T . Коэффициент усиления:

$$k = \frac{h(T_y)}{A} \quad (4)$$

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

Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона изображаем две точки А и Б. Точка А определяется как $0,33 k$, а точка Б имеет ординату $0,7 k$.

Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

$$\begin{aligned} T &= -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)}, \\ \tau &= \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)}, \end{aligned} \quad (5)$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;
 h_A и h_B – значение ординат при точках А и Б.

Определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры (Рисунок 12).

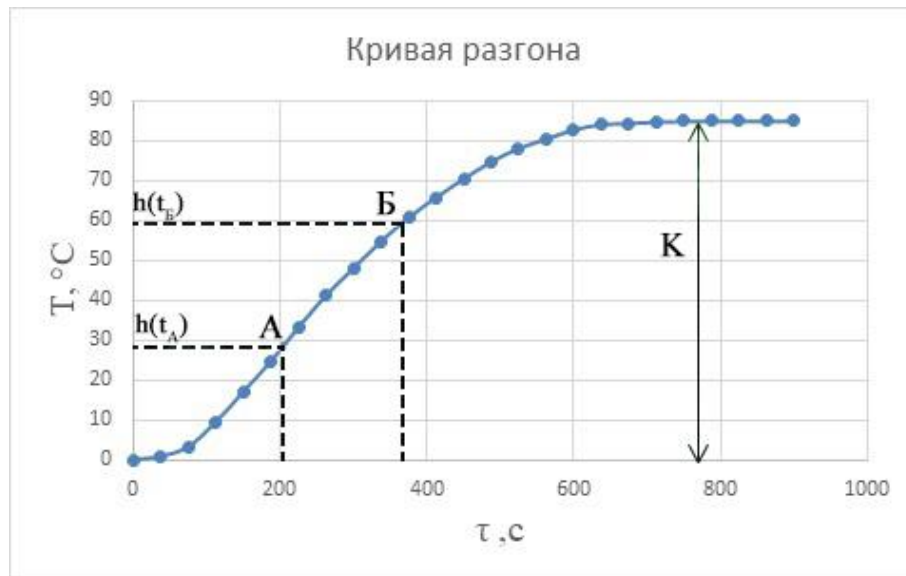


Рисунок 12 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора, где t – время, G – температура

Для заданной кривой разгона по методу Орманса производится аппроксимация. Для этого определяется время t_B по переходной функции. Функция является корнем уравнения $h(t_B)$. По такому же принципу определяется второе значение времени t_A и её функция $h(t_A)$. Далее вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B); \quad (6)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A). \quad (7)$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 206 - 368) = 125 \text{ с};$$

$$T = 1,25(368 - 206) = 202,5 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{85}{(202,5P+1)} e^{-125P}.$$

10.2. Расчет параметров настройки регулятора

Вид структурной схемы системы регулирования представлен на рисунке 10.

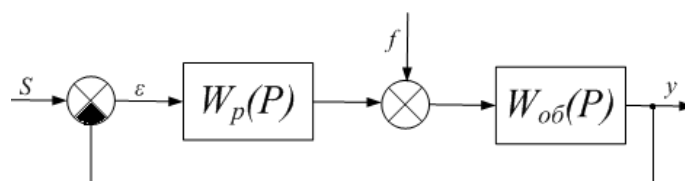


Рисунок 10 – Структурна схема системы регулирования

Степень устойчивости для расчета система была задана равной $\psi=0,75$.

Значение степени колебательности определяется формулой:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1-\psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1-0,75) = 0,221. \quad (8)$$

Значение передаточная функция объекта регулирования имеет вид:

$$W(P) = \frac{85}{(202,5P+1)} e^{-125P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 19 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот от 0,0001 до 0,58 с⁻¹, с шагом по частоте 0,002 с⁻¹.

Таблица 19 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(\text{m}, \omega)$	$\text{Im}_{об}(\text{m}, \omega)$	$A_{об}(\text{m}, \omega)$
0	85	0	85
0,0008	85,744	-23,404	88,88
0,0016	77,689	-46,124	90,349

Продолжение таблицы 19

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{o\delta}(m, \omega)$	$\text{Im}_{o\delta}(m, \omega)$	$A_{o\delta}(m, \omega)$
0,0024	62,353	-64,021	89,367
0,0032	43,195	-74,872	86,439
0,004	23,706	-78,824	82,312
0,0048	6,167	-77,426	77,672
0,0056	-8,452	-72,507	72,997
0,0064	-20,045	-65,569	68,564
0,0072	-28,914	-57,656	64,5
0,008	-35,485	-49,423	60,843
0,0088	-40,174	-41,256	57,585
0,0096	-43,338	-33,371	54,697
0,0104	-45,265	-25,879	52,14
0,0112	-46,182	-18,836	49,876
0,012	-46,27	-12,262	47,867
0,0128	-45,668	-6,162	46,082

Параметры настройки регулятора рассчитываются по формулам:

$$\frac{K_p}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}, \quad (9)$$

$$K_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega) + \text{Re}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}. \quad (10)$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0 до 0,0104 с⁻¹, с шагом по частоте в 0,0008 с⁻¹. Полученные значения представлены в таблице 20 в виде листинга расчета.

Таблица 20 – Значение параметров ПИ – регулятора

ω	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0	0	-0,012
0,0008	2,49E-06	-1,00E-02
0,0016	9,48E-06	-8,27E-03
0,0024	2,02E-05	-6,04E-03
0,0032	3,36E-05	-3,57E-03
0,004	4,88E-05	-9,28E-04
0,0048	6,46E-05	1,81E-03
0,0056	7,99E-05	4,59E-03
0,0064	9,36E-05	7,35E-03
0,0072	1,05E-04	0,01
0,008	1,12E-04	0,013
0,0088	1,15E-04	0,015
0,0096	1,12E-04	0,017
0,0104	1,04E-04	0,019

Для удобства и визуализации строится зависимость от полученных параметров, представленная на рисунке 13. Полученная кривая на рисунке, является границей запаса устойчивости. Все значения параметров настройки, которые будут лежать на этой кривой, будут обеспечивать заданную степень затухания.

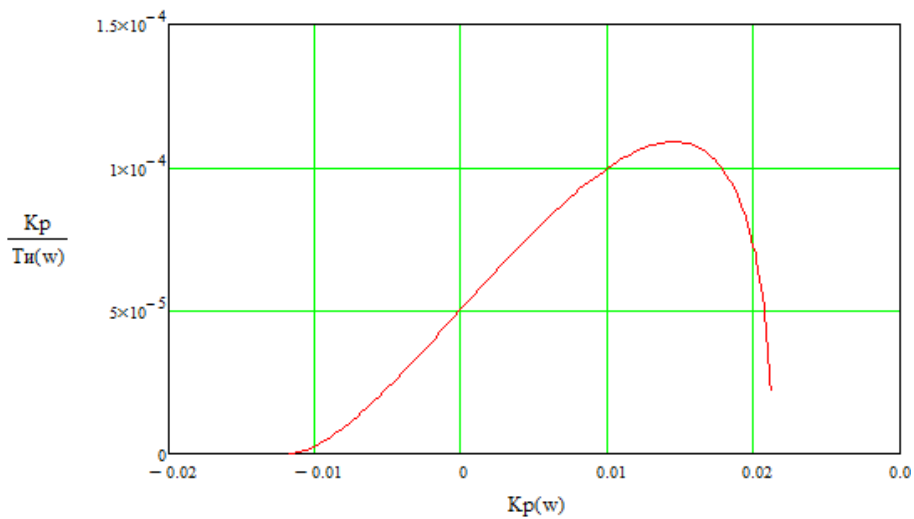


Рисунок 13 – Параметры настройки ПИ-регулятора

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

Из таблицы 2 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_u} \right) = 0,0001148, \quad K_p = 0,015, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,0088 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p/T_u} = 131 \text{ с.}$$

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

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (11)$$

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

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

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную

характеристику системы. На рисунке 14 представлен график вещественной частотной характеристики.

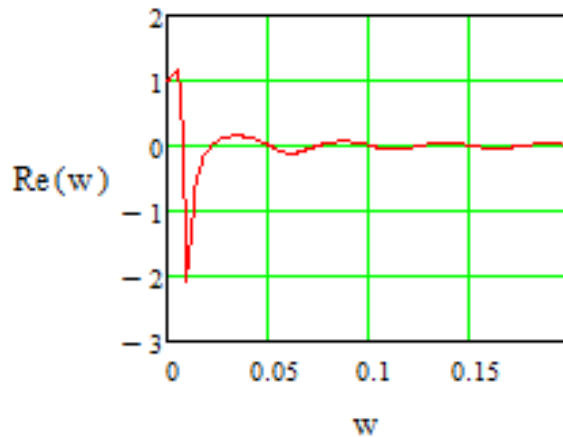


Рисунок 14 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega. \quad (12)$$

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

ω – частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

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

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,008} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 15 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать

Вывод о том, насколько система удовлетворяет требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

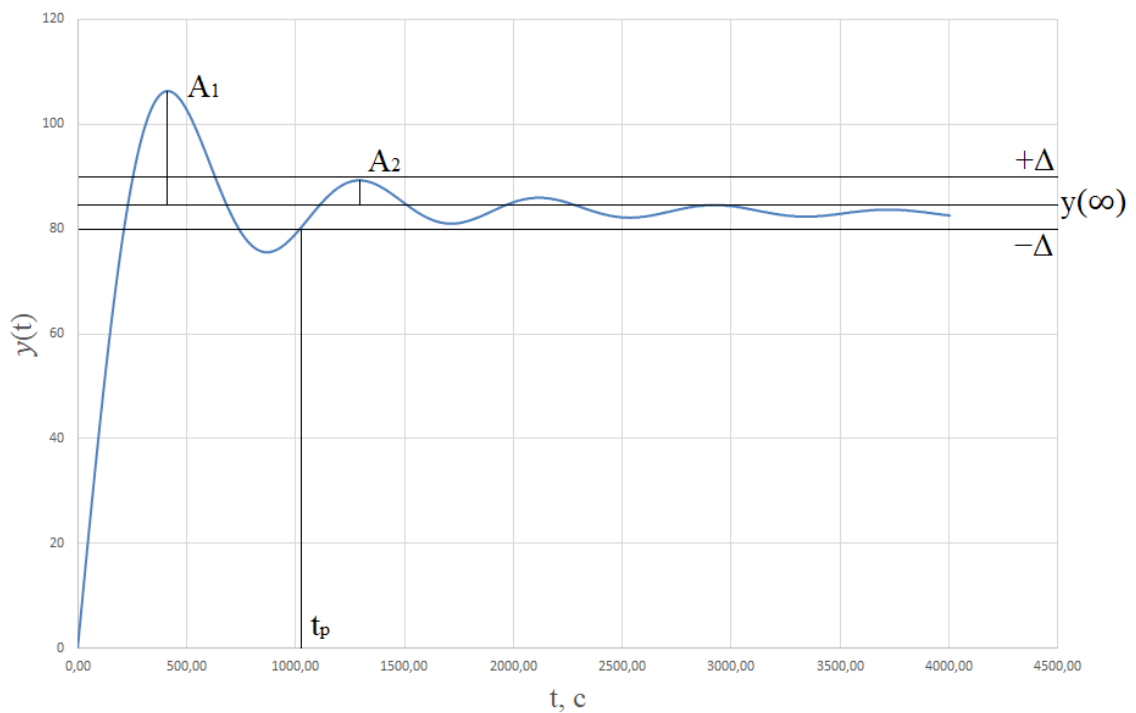


Рисунок 15 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

С использованием графика определяются прямые оценки качества:

1. Динамическая ошибка: $A_1 = 21,26$;
2. Перерегулирование: $\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} \cdot 100 = \frac{21,26 \cdot 100\%}{85} = 25 \%$;
3. Степень затухания переходного процесса:

$$\Psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{4,25}{21,26} = 0,8$$
;
4. Статическая ошибка: $\varepsilon_{ст} = S - y(\infty) = 0$;
5. Время регулирования: $t_p = 1025$ с.

11. Разработка экранных форм мнемосхем SCADA-системы

Мнемосхема – представляет собой изображение на экране документа, рисунка или текста сообщения, используемых в АСУ. Совокупность

статических и динамических элементов, представляющая информацию о работе системы или отдельных узлов.

Мнемосимвол – мнемоническое изображение того или иного объекта (аналоговый датчик, регулятор, насос)

Требования к мнемосхеме устанавливаются компанией, для которой она предназначена. В данной работе мнемосхема разрабатывалась в соответствии с общими требованиями:

1) мнемосхема должна содержать только те элементы, которые необходимы оператору для контроля и управления объектом;

2) форма и размеры панели должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов;

3) отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, на мнемосхеме должны выделяться размерами, формой, цветом или другими способами.

В соответствии с требованиями была разработана мнемосхема АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий, которая приведена на рисунке 16.



Рисунок 16 – Мнемосхема – АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий

Регулирование температуры при приготовлении полимерных эмульсий осуществляется оператором. При нажатии на кнопку «Пуск / Стоп», запускается алгоритм, который включает насосы, магнитную мешалку, греющий кабель. Если есть необходимость остановить работу отдельных объектов, то для таких случаев предусмотрено отдельное управление. Которое осуществляется нажатием левой кнопки мыши на мнемосимвол, после чего появятся окна, представленные на рисунках 17а, 17б.



Рисунок 17 – Всплывающие окна управления магнитной мешалкой (а) и греющим кабелем (б)

Помимо этого, в верхнем правом углу изображены индикатор сообщений и панель, показывающая дату.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б93	Шведов Денис Константинович

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

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12; - норма амортизации – 7-20% - накладные расходы – 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общий режим налогообложения. Тариф страховых взносов – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Шведов Денис Константинович		

12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – произвести расчет нормативной продолжительности выполнения работ согласно теме ВКР и представить календарный график работ с расчетом отдельных статей сметы.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

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

12.1.1. Анализ конкурентоспособности технических решений

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

Проведем сравнение эффективности разработок существующих на рынке технологий, чтобы оценить сильные и слабые стороны с помощью оценочной карты (таблица 21). Проведем сравнение разработанной технологии по внедрению полимерной эмульсии на основе альгината, хлорида

кальция, агар-агар, (индекс «э») с микроэмульсионным топливом (индекс «м») и термически стойким полимером (индекс «т»). В таблице 21 показано сравнение различных технологий и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 21 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Э	М	Т	Э	М	Т
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экологичность	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
Возможность применения технологии на производстве	0,15	3	3	3	0,45	0,45	0,45
Удобство эксплуатации	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
Актуальность исследования	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
Качество регулирования	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Эффективность применения	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
Стоимость обслуживания	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
Срок эксплуатации	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Цена	0,05	5	5	2	0,25	0,25	0,2
Итого	1	45	43	33	4,6	4,35	3,6

По итогам анализа конкурентоспособности технических решений, можно сделать вывод, что проводимое исследование является наиболее перспективным по сравнению с другими.

Анализ конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i -го показателя.

$$\begin{aligned} K_{\text{ВУТ}} &= \sum B_i \cdot Б_i \\ &= 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 = 4,45, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{\text{ОВУТ}} &= \sum B_i \cdot Б_i \\ &= 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 = 4,05, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{\text{МТ}} &= \sum B_i \cdot Б_i \\ &= 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 2 = 3,5. \end{aligned}$$

12.1.2. Матрицы SWOT

С помощью SWOT-анализа можно оценить внутренние ресурсы проекта и сопоставить их с внешними факторами; определить внутренние и внешние риски, а также рассмотреть варианты их минимизации и, возможно, предотвращения. В таблице 22 приведена итоговая матрица SWOT.

Таблица 22 – Матрица SWOT анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Высокая экономичность проекта С2. Длительный срок эксплуатации С3. Экологичность объекта	Слабые стороны проекта: Сл1. Повышение потребности в квалифицированном персонале. Сл2. Новизна технологии.
Возможности В1. Повышенный спрос на установку. В2. Понижение стоимости на компоненты/установку. В3. Внедрение на отечественный рынок.	СИВ: 1. Экологичность установки и высокая экономичность проекта даст повышенный спрос. Понижение стоимости на компоненты и/или установку может привести к доступности установки для других организаций.	СЛиВ: 1. Повышение спроса на установку приведет к повышению потребности в квалифицированном персонале. Новизна технологии может привести к внедрению технологии на отечественный рынок.
Угрозы У1. Отсутствие спроса на установку У2. Повышение стоимости на компоненты эмульсии. У3. Более низкая стоимость у уже используемых установок.	СИУ: 1. Так как технология является экологичной по сравнению с другими, значит, всегда будет привлекательна на рынке. Повышение стоимости на компоненты эмульсии приведет к удорожанию установки в целом.	СЛУ: 1. Высокая стоимость приведет к отсутствию спроса на технологию. 2. Из-за повышенных требований система может стать нецелесообразной.

На основе вышеприведенных пунктов можно сделать вывод, что главным достоинством технологии является экологичность, что важно для всех стран.

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

Из полученных результатов видно, что данная технология является перспективной, что свидетельствует большое количество сильных сторон.

12.2. Планирование научно-исследовательских работ

12.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

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

Таблица 23 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

12.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости:

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

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

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

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

Продолжительность каждой работы, учитывающую параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i},$$

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

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

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

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

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

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

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году;

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

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

В таблице 24 укажем перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

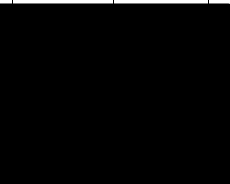
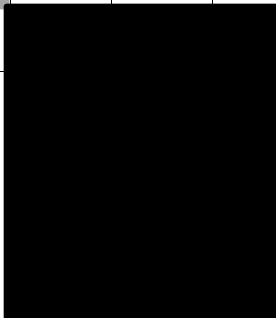
Таблица 24 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоемкость работ, дни			Исполнители	Длительность работ в раб. днях T_{pi}		Длительность работ в кал. днях T_{ki}	
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$			$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Поиск и изучение литературы по выбранной теме	5	7	5,8	Инж.	-	5,8	-	9
Календарное планирование работ	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Подготовка эмульсии для проведения исследований	2	5	3,2	Инж.	-	3,2	-	5
Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик эмульсии.	12	20	15,2	Инж.	-	15,2	-	22
Обработка полученных данных	7	11	8,6	НР, инж.	8,6	8,6	12,7	12,7
Оценка эффективности результатов	5	9	6,6	НР	6,6	-	9,7	-

Продолжение таблицы 24

Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР	18	28	22	Инж.	-	22	-	33
Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним	10	15	12	Инж.	-	12	-	18
Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	6	10	7,6	Инж.	-	7,6	-	11
Составление пояснительной записки	5	8	6,2	Инж.	-	6,2	-	9
Итого	72	117	90	-	18	80,6	26,4	119,7

Таблица 25 - График Ганта

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	НР	2												
2	Поиск и изучение литературы по выбранной теме	Инж	9												
3	Календарное планирование работ	НР	2												
4	Подготовка эмульсия для проведения исследований	Инж	5												
5	Проведение лабораторных работ, направленных на изучение характеристик полимерной эмульсии.	Инж	22												
6	Обработка полученных данных	НР, инж	12,7												
7	Оценка эффективности результатов	НР	9,7												
8	Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР.	Инж	33												

Продолжение таблицы 25

№	Вид работы	Исполни тели	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9	Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним.	Инж	18												
10	Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	Инж	11												
11	Составление пояснительной записки	Инж	9												

 -Научный руководитель;

 -Инженер

График Ганта, представленный в таблице 25, строится для максимального по длительности исполнения работ на основе вышеприведенной таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10) дней за период времени написания ВКР.

12.3. Бюджет научно-технического исследования

12.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты – затраты предприятия на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции (в данной работе для производства эмульсии).

Таблица 26 – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Вода дистиллированная	л	1	40	40
Агар-агар	г	50	150	150
Альгинат	г	250	759	759
Хлорид кальция	г	500	400	400
Этиловый спирт	мл	100	27,7	27,7
Итого				1376,7

12.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Необходимым оборудованием для проведения работ в рамках исследования является перистальтический насос ВТ101L, магнитная мешалка

US1500A, терморегулятор. Данное оборудование учитывается по величине амортизации, которая определяется с учётом нормы амортизации и дней использования.

Норма амортизации:

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

где n – срок полезного использования в количества лет.

Норма амортизации для перистальтического насоса BT101L:

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

Норма амортизации для магнитной мешалки US1500A:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2\%.$$

Норма амортизации для терморегулятора Terneo SN:

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

Амортизация оборудования:

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

где И – итоговая сумма, тыс. руб.;

t время использования, мес.

Амортизация для перистальтического насоса BT101L:

$$A = \frac{0,07 \cdot 41890}{12} \cdot 0,2 = 48,9 \text{ руб.}$$

Амортизация для магнитной мешалки US1500A:

$$A = \frac{0,2 \cdot 24420}{12} \cdot 0,2 = 82 \text{ руб.}$$

Амортизация для терморегулятора Terneo SN:

$$A = \frac{0,1 \cdot 5450}{12} \cdot 0,2 = 9 \text{ руб.}$$

Таблица 27 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование	Количество	Срок полезного использования	Цена оборудования, тыс. руб.	Время использования, мес.	$H_A, \%$	Амортизация
1	Терморегулятор Terneo SN	1	10	5450	0,2	0,1	9
2	Магнитная мешалка US1500A	1	5	24420	0,2	0,2	82
3	Перистальтический насос BT101L	3	15	43353	0,2	0,07	48,9
Итого:							139,9 руб.

12.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата работника:

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

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

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

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 2186,6 \cdot 18 = 39358,8 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1092 \cdot 81 = 88452 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Таблица 28 – Баланс рабочего времени

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

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

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{51090 \cdot 10,4}{243} = 2186,6 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера (5-дневная неделя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{21060 \cdot 11,2}{216} = 1092 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} \cdot k_p,$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$$З_m = З_{тс} \cdot k_p = 39300 \cdot 1,3 = 51090 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$З_m = З_{тс} \cdot k_p = 16200 \cdot 1,3 = 21060 \text{ руб.}$$

Таблица 29 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{тс},$ руб.	k_p	$Z_m,$ руб.	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$Z_{осн},$ руб.
НР	39300	1,3	51090	2186,6	18	39358,8
Инж	16200	1,3	21090	1092	81	88452
Итого $Z_{осн}$						127810,8

12.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

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

Доп. заработная плата научного руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 39358,8 = 4723,1.$$

Доп. заработная плата инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 88452 = 10614,2.$$

12.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды для научного руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (39358,8 + 4723,1) = 13224,6 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (88452 + 10614,2) = 29719,9 \text{ руб.}$$

12.3.6. Накладные расходы

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

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

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

Таблица 30 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	1376,7
Затраты на оборудование	139,9
Затраты на основную заработную плату	127810,8
Затраты на дополнительную заработную плату	15337,3
Отчисления во внебюджетные фонды	42944,5
Накладные расходы:	30017,5

12.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 31 – Бюджет затрат НТИ

Наименование	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты	1376,7	2228	7500,8	Пункт 1.3.1
Затраты на оборудование	139,9	4684,4	7332,4	Пункт 1.3.2
Затраты на основную заработную плату	127810,8	85821,6	87068,9	Пункт 1.3.3
Затраты на дополнительную заработную плату	15337,3	10298,6	10448,3	Пункт 1.3.4

Продолжение таблицы 31

Наименование	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Отчисления во внебюджетные фонды	42944,5	28836,1	29255,2	Пункт 1.3.5
Накладные расходы	30017,5	21099	22656,9	Пункт 1.3.6
Бюджет затрат НИР	217626,7	152967,7	164262,5	Сумма ст. 1–6

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

1) АСР температуры гелеобразного топлива в системе топливopодачи

2) АСР температуры микроэмульсионного топлива

Интегральный показатель финансовой эффективности:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения НИР.

$$\Phi_{p1} = 217626,7 \text{ руб.},$$

$$\Phi_{p2} = 152967,7 \text{ руб.},$$

$$\Phi_{p3} = 164262,5 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{217626,7}{217626,7} = 1,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{152967,7}{217626,7} = 0,703,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{164262,5}{217626,7} = 0,755.$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

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

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7,$$

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

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 3,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,5}{1} = 4,5,$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{4,1}{0,703} = 5,83,$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p-\text{исп3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп3}}} = \frac{3,95}{0,755} = 5,23.$$

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

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,703	0,755
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,5	4,1	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	5,83	5,23
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,77	1	0,89

Наиболее эффективным является наш вариант исследования.

12.5. Выводы по разделу

В данном разделе:

- 1) проведен анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке;
- 2) составлен SWOT-анализ для нашего исследования, в котором были выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы;

3) приведена таблица с перечнем этапов, работ и распределением исполнителей;

4) определена трудоемкость выполнения работ;

5) Построена диаграмма Ганта;

6) Произведены расчеты: материальных затрат, затрат на оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды, накладных расходов. Произведен расчет бюджета затрат НИР, который составил 217626,7 руб.;

7) Рассчитана оценка эффективности НИ. Интегральный показатель финансовой эффективности равен 1, интегральный показатель ресурсоэффективности равен 4,5, интегральный показатель эффективности равен 4,5. Если сравнивать показатели нашего проекта с показателями других, и учесть фактор того, что другие проекты 5-ти летней давности. Таким образом, наш проект является финансово выгодным и более эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

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

Тема ВКР:

АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объектом исследования является система контроля температуры при приготовлении полимерных эмульсий

Область применения: Энергетика, пищевая промышленность, медицина;

Рабочая зона: лаборатория;

Размеры помещения: 40 м²;

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Экспериментальный стенд, перистальтический насос ВТ101L – 3 шт, греющий кабель HWSRL30-2CR – 1шт, магнитная мешалка с подогревом US-1500A – 1шт.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Поддержание заданного значения температуры внутри трубопровода, проведение экспериментов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

– ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя

– Федеральный закон от 24.07.1998 N125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»;

– ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения;

– ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования;

– ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ.

2. Производственная безопасность при эксплуатации:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Опасные факторы:

1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, способных вызвать ожоги тканей организма человека;

2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;

Вредные факторы:

1. Повышенный уровень общей вибрации;

	2. Повышенный уровень шума; 3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на литосферу: отсутствует. Воздействие на гидросферу: отсутствует. Воздействие на атмосферу: тепловые выбросы при работе установки.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: - возникновение пожара. - взрыв оборудования. Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Шведов Денис Константинович		15.04.2023

13. Социальная ответственность

ВКР по теме «АСР температуры водного раствора смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсий» посвящена изучению процесса регулирования температуры эмульсии в трубопроводе. Объектом регулирования в исследовании является участок трубопровода от резервуара к соплу. Рабочая зона: лаборатория. Размеры помещения: 40 м². Количество наименований оборудования рабочей зоны: мешалка магнитная (1), насос перистальтический (3), измерительный преобразователь температуры (2), греющий кабель (1), терморегулятор (1), датчик давления (2). Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: регулирование температуры эмульсии перед подачей в сопло; приготовление полимерной эмульсии внутри резервуара.

Основная задача исследования – регулирование температуры полимерной эмульсии после резервуара посредством изменения температуры греющего кабеля, для бесперебойной транспортировки эмульсии от резервуара соплу через трубопровод.

В данном разделе будут отмечены все основные моменты, связанные с социальной ответственностью на каждом этапе разработки данного проекта.

13.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основным документом, регламентирующим права и обязанности работника и работодателя, является Трудовой кодекс РФ. В нем содержатся такие аспекты, как вопросы охраны труда, профессиональной подготовки и повышения квалификации, трудоустройства, социального партнерства. Также закреплены правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров.

По результатам специальной оценки условий труда работа в лаборатории относится ко 2 категории тяжести труда. Согласно ст. 91 ТК РФ нормальная продолжительность рабочего времени для оператора АСУ не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно ст. 91 ТК РФ [11], есть несколько видов компенсаций для работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда:

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск сроком не меньше 7 календарных дней для работников;
- Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере;
- Доплата за работу работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Так как предполагается проведение работ сидя, то необходимо отметить некоторые показатели, которые учитываются при такой работе. Согласно ГОСТ 12.2.032.78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение работ в пределах зоны досягаемости моторного поля [12].

Согласно ГОСТ 22269-76 «Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования» взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Средства отображения информации необходимо группировать и располагать группы относительно друг друга в соответствии с последовательностью их использования или с функциональными связями элементов систем, которые они представляют [13].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя». Конструкции рабочего места и взаимное расположение всех его

элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Согласно Федеральному закону от 24.07.1998N125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [14]. Обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний подлежат:

- физические лица, выполняющие работу на основании трудового договора, заключенного со страхователем;
- физические лица, выполняющие работу на основании гражданско-правового договора, предметом которого являются выполнение работ и (или) оказание услуг, договора авторского заказа, если в соответствии с указанными договорами заказчик обязан уплачивать страховщику страховые взносы

13.2 Производственная безопасность

При выполнении работ оператора участка трубопровода согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы [15]. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 1.

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте в лаборатории

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	СНиП 23-03-2003 «Защита от шума. Актуализированная редакция»
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»

Продолжение таблицы 34

Факторы	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник	ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»; ГОСТ 12.1.019-79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 30331.4-95 «Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий»

13.2.1. Повышенный уровень шума

Источником повышенного уровня шума в лаборатории может стать работа насосов и магнитной мешалки, расположенных на экспериментальном стенде.

Согласно СНиП 23-03-2003. ЗАЩИТА ОТ ШУМА. Актуализированная редакция повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника в целом, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие такого шума способно привести к развитию у работника потери слуха, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. Работник должен следовать установленным работодателем правилам безопасности ведения работ и применения средств индивидуальной защиты от шума. Со стороны работодателя должны быть сделаны следующие меры: использование малошумных машин; оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте; контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума; вовлечение к работам лиц, не имеющих медицинских

противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии.

В таблице 35 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, согласно СНиП 23-03-2003. ЗАЩИТА ОТ ШУМА п.6.

Таблица 35 - Уровни звукового давления

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

13.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

При выполнении работ недостаточный уровень освещенности вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое и физиологическое воздействие. Неудовлетворительная освещенности в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Согласно СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение" в цехах с полностью автоматизированным технологическим процессом следует предусматривать освещение для наблюдения за работой оборудования, а также дополнительно включаемые светильники общего и местного освещения для обеспечения необходимой освещенности при ремонтно-наладочных работах [16]. В целях контроля за энергопотреблением устанавливаются требования к максимально допустимой удельной установленной мощности общего искусственного освещения помещений. Нормативные показатели искусственного освещения представлены в таблице 36. Для обоих представленных случаев плоскость горизонтальная с высотой плоскости над полом 0,8 м и разряд и подразряд зрительной работы А-2.

Таблица 36 – Нормативные показатели искусственного освещения электропомещения

Помещение	Искусственное освещение					
	Освещенность рабочих поверхностей, лк		Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	Индекс цветопередачи источника света R _a
	При комбинированном освещении	При общем освещении				
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории высших учебных заведений	-	400	-	21	10	80
Лаборантские при учебных кабинетах	500/300	400	-	14	10	80

13.2.3. Повышенный уровень общей вибрации

Источником повышенного уровня общей вибрации в лаборатории может стать работа насосов и магнитной мешалки, расположенных на экспериментальном стенде.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.

Таблица 37 – Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на оператора для длительности смены 8 ч

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻² ×10 ⁻²	дБ
общая	1	Z ₀	0,56	115	1,1	107
		Y ₀ , X ₀	0,4	112	3,2	116
	2	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,28	109	0,56	101
	3 тип «а»	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92
	3 тип «в»	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,014	83	0,028	75

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» работодатель должен предпринимать меры, необходимые для снижения вибрационной нагрузки. К таким мерам относятся: использование машин с меньшей виброактивностью; использование материалов и конструкций, препятствующих распространению вибрации и воздействию ее на человека; контроль за правильным использованием средств виброзащиты; организацию профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное воздействие вибрации.

Также работник обязан соблюдать относящиеся к нему меры вибрационной защиты и правила, которые предписаны регламентом безопасного ведения работ.

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

Наиболее типичные травмы, которые работник может получить в результате воздействия фактора — это поражение электрическим током или электротравма.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений [17], указанных в таблице 38.

Таблица 38 – напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

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

Согласно ГОСТ 12.1.019-79 для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека [18]. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

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

13.2.5. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызывать ожоги тканей организма человека

Источником чрезмерно высокой температуры материальных объектов в лаборатории, может стать работа греющего кабеля. Наиболее типичная травма, которую работник может получить в результате действия фактора – ожог.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты рабочих. Общие требования и классификация» люди [19], стационарное оборудование и материалы, находящиеся вблизи электроустановок, должны быть защищены от опасных тепловых воздействий, в частности от получения ожогов. В таблице 39 приведены максимальные температуры допустимых для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы.

Таблица 39 - Максимальные температуры допустимых для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы

Доступные для прикосновения части электрооборудования	Материал доступных частей	Максимальные температуры, °C
Ручки управления	Металл Неметалл	55 65
Части, не предназначенные для удерживания руками	Металл Неметалл	70 80
Части, не предназначенные для прикосновения при нормальных условиях обслуживания	Металл Неметалл	80 90

Доступные для прикосновения части электрооборудования не должны достигать температур, способных вызывать ожоги, и их значения не должны превышать указанных в таблице 39. Также все части электроустановок, которые могут достигать при нормальном режиме работы электрооборудования, даже в течение короткого промежутка времени, температур, превышающих значения, указанные в таблице 39, должны быть защищены так, чтобы исключить случайный контакт с ними.

13.3. Экологическая безопасность

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

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

13.3.1. Атмосфера

В работе используются нагревательные элементы, которые могут вызвать тепловые выбросы (загрязнение). Тепловое загрязнение атмосферы – изменение температуры окружающей среды, нарушающее естественные процессы экосистемы, превышающее естественный диапазон ее температурной изменчивости. Повышенная температура приводит к увеличению потребления энергии кондиционированием воздуха в зданиях. Дополнительное потребление энергии приводит к большему загрязнению воздуха. Для предотвращения такой ситуации, необходимо оптимально использовать оборудование и не допускать лишнего перегрева.

13.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории с экспериментальным стендом наибольшую опасность представляет возгорание, пожар.

Источниками возгорания могут быть электрооборудование, проводка. Из-за несоблюдения правил пожарной безопасности так же может произойти пожар.

Возгорание может произойти на месте установки промышленного нагревателя из-за выхода из строя оборудования.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" установлен класс возможного пожара – Е, а также определены первичные средства пожаротушения – порошковый, углекислотный огнетушители [20].

Прокладка всех видов кабелей в металлических газонаполненных трубах – отличный вариант для предотвращения возгорания.

В качестве мер пожаротушения следует применять следующие меры:

- в лаборатории должны быть средства пожаротушения, средства связи;

- электрооборудование и электроприборы должны быть в рабочем состоянии;

- для всех сотрудников нужно периодически проводить мероприятия по технике безопасности;

Рабочее помещение, в котором проводился эксперимент, оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности, которые были описаны в данном разделе.

13.5. Выводы по разделу

В процессе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, а именно произведен анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что, соблюдая определенные нормы и правила, возможно наладить стабильное производство, не подвергая опасности окружающую среду и людей.

Инженер-оператор АСУ должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск персонала с III группой подразделяется на работу с сетями до и выше 1000 В, а также дает право единоличного обслуживания, осмотра, подключения и отключения электроустановок от сети до 1000 В.

По взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение относится к категории Г [21].

По воздействию на окружающую среду данный объект относится ко 2 категории, так как оказывает умеренное негативное воздействие.

Тяжесть труда согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории 1б [22].

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ, соответствует 1 категории (помещение без повышенной опасности) [23].

Заключение

В ходе работы над выпускной квалификационной работой была создана АСР температуры смеси полисахаридов при приготовлении полимерных эмульсии и перед подачей в сопло, которая основывается на лабораторном стенде и взаимодействии капель эмульсии с нановолокнистыми поверхностями.

В рамках проекта проведен ряд экспериментов взаимодействия капель эмульсии с гидрофобной и гидрофильной поверхностями и приведены результаты работы в виде графических зависимостей.

Так же разработана проектная документация, включающая структурную, функциональную и принципиальную схемы электрического щита управления, схемы проводок, чертежи сборки щита и мнемосхема проекта в программе MasterSCADA.

Подробные описания выбора основного оборудования, разработки конструкторской документации и расчета параметров настройки регулятора представлены в пояснительной записке. Также рассмотрены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] R.S. Magalhaes, J.K. Williams, K.W. Yoo, J.J. Yoo, A. Atala, A tissue-engineered uterus supports live births in rabbits, *Nat. Biotechnol.* 38 (2020) 1280–1287. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0547-7>.
- [2] G.L. Koons, M. Diba, A.G. Mikos, Materials design for bone-tissue engineering, *Nat. Rev. Mater.* 5 (2020) 584–603.
- [3] A.K. Gaharwar, I. Singh, A. Khademhosseini, Engineered biomaterials for in situ tissue regeneration, *Nat. Rev. Mater.* 5 (2020) 686–705.
- [4] S. Pirsä, K. Hafezi, Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry, *Food Chem.* 399 (2023) 133967.
- [5] S. Ahadian, A. Khademhosseini, A perspective on 3D bioprinting in tissue regeneration, *Bio-Design Manuf.* 1 (2018) 157–160.
- [6] N. Hong, G.H. Yang, J.H. Lee, G.H. Kim, 3D bioprinting and its in vivo applications, *J. Biomed. Mater. Res. - Part B Appl. Biomater.* 106 (2018) 444–459.
- [7] L. Raddatz, A. Lavrentieva, I. Pepelanova, J. Bahnemann, D. Geier, T. Becker, T. Scheper, S. Beutel, Development and application of an additively manufactured calcium chloride nebulizer for alginate 3D-bioprinting purposes, *J. Funct. Biomater.* 9 (2018).
- [8] C. Mandrycky, Z. Wang, K. Kim, D.H. Kim, 3D bioprinting for engineering complex tissues, *Biotechnol. Adv.* 34 (2016) 422–434.
- [9] S. Badr, B. MacCallum, E. Madadian, G. Kerr, E. Naseri, D. MacDonald, A. Bodaghkhan, R.A. Tasker, A. Ahmadi, Development of a mist-based printhead for droplet-based bioprinting of ionically crosslinking hydrogel bioinks, *Bioprinting.* 27 (2022) e00207.
- [10] N. Blanken, M.S. Saleem, M.J. Thoraval, C. Antonini, Impact of compound drops: a perspective, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 51 (2021) 101389.
- [11] Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст]: от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) // Собрание законодательства РФ. – 07.01.2002 – № 1 (ч. 1). – Ст. 91.

[12] ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – Москва: Государственный комитет стандартов, 1986. – 152 с.

[13] ГОСТ 22269-76. Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования: дата введения 01-01-1978. – Москва: Государственный комитет стандартов, 1989. – 4 с.

[14] Федеральный закон "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" [Текст]: от 24.07.1998 N 125-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 07.01.2002 – № 1 (ч. 1). – Ст. 91.

[15] ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 01-03-2017. – Москва: Государственный комитет стандартов, 2019. – 16 с.

[16] СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 08-05-2017. – Москва: Государственный комитет стандартов, 2016. – 135 с.

[17] ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов: дата введения 30-06-1983. – Москва: Система стандартов безопасности труда, 1988. – 7 с.

[18] ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 30-06-1980. – Москва: Система стандартов безопасности труда, 2000. – 7 с.

[19] ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация: дата введения 30-06-1990. – Москва: ИПК издательство стандартов, 2004. – 8 с.

[20] Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности": дата введения 01-03-2023. – Москва: Система стандартов безопасности труда, 2008. – 114 с.

[21] СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – Москва: Государственный комитет стандартов, 2009. – 31 с.

[22] СанПиН 1.2.3685-21: дата введения 30-12-2022. – Москва: Система стандартов безопасности труда, 2021. – 469 с.

[23] Правила устройства электроустановок: дата введения 01-01-2003. – Москва: Министерство энергетики Российской Федерации, 2003 – 17 с.