

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система управления температурой в нагревательной камере термической очистки сточных вод

УДК 628.33:536.5-5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БЗВ	Борисова Анастасия Геннадьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Пискунов Максим Владимирович	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф.менеджмента	Кузьмина Наталья Геннадиевна			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедры АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.

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

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

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

	7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема принципиальная электрическая щита управления. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Наталья Геннадиевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.17
--	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Пискунов Максим Владимирович	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б3В	Борисова Анастасия Геннадьевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 с., 15 рис., 17 табл., 41 источник.

Ключевые слова: термическая очистка, сточные воды, выпарной аппарат, нагревательная камера, автоматизированная система управления, микропроцессорные технические средства автоматизации, теплоэнергетика, теплотехника.

Объектом автоматизации является система управления температурой в нагревательной камере термической очистки сточных вод.

Цель работы – модернизация АСУ ТП нагревательной камеры на основе микропроцессорных средств автоматизации.

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

В результате работы разработана автоматизированная система управления температурой в нагревательной камере термической очистки сточных вод на основе современных микропроцессорных средств автоматизации.

Оглавление

1 Исследовательские изыскания	15
2 Проектирование САУ температуры в нагревательной камере	21
2.1 Выбор структуры автоматизированной системы управления температуры в нагревательной камере	23
2.2 Разработка функциональной схемы АСУ температуры в нагревательной камере	25
2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации АСУ температуры в нагревательной камере	27
2.3.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	27
2.3.2 Выбор датчика температуры	29
2.3.3 Выбор нормирующего устройства.....	30
2.3.4 Выбор технических средств измерения расхода воды и топлива. 32	
2.3.5 Выбор датчика уровня.....	34
2.3.6 Выбор исполнительного механизма	35
2.3.7 Выбор блока управления исполнительным механизмом	36
3 Схема взаимосвязи оборудования верхнего уровня и полевого	40
4 Разработка щита управления АСУ температуры в нагревательной камере 42	
4.1 Разработка принципиальной схемы АСУ температуры в нагревательной камере	42
4.2 Разработка монтажной схемы АСУ температуры в нагревательной камере	44
4.3 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ температуры в нагревательной камере	46
5 Расчет параметров настройки регулятора	48
5.1 Идентификация объекта управления	48
5.2 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.....	51
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 61	
6.1 Перечень работ и оценка времени выполнения.....	61
6.2 Смета затрат на проект	64
6.2.1 Материальные затраты	64

6.2.2 Затраты на амортизацию	64
6.2.3 Затраты на заработную плату	65
6.2.5 Прочие затраты	66
6.2.6 Накладные расходы	67
6.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы.....	67
7 Социальная ответственность	70
7.1 Воздействие и нормирование шума	73
7.2 Метеорологические условия в производственных помещениях	75
7.3 Производственное освещение	76
7.4 Электробезопасность	78
7.5 Пожаробезопасность объекта	80
7.6 Повышенная загазованность.....	81
7.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
7.7.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	82
7.7.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве	82
7.7.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	82
7.8 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	83
Заключение	85
Список использованных источников	86

Графический материал: на отдельных листах

ФЮРА.421000.006 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.006 Э3	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.006 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.006 ВО	Общий вид щита автоматизации

Введение

Вода – ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания. Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Глобальная проблема: потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³. При этом 70% всего водопотребления используется в сельском хозяйстве. Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное количество воды расходуется для потребностей отрасли животноводства, а также на бытовые потребности населения. Большая часть воды после ее использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют все страны, ученых мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы[1].

Локальная проблема: термоокисление сточных вод, которые в распыленном состоянии вводят в высокотемпературные (900-1000 °С) продукты сгорания топлив. В ходе реакции органические компоненты сгорают, минеральные примеси уносятся вместе с дымовыми газами, а

жидкость испаряется. Используют подобный способ водоочистки для удаления высокотоксичных и трудноразрушаемых органических соединений.

Термический метод окисления осуществляют при помощи камерных, шахтных, циклонных печей. Ограничивает использование данного способа водоочистки высокий расход топлива[2,3].

На заседании Президиума Госсовета РФ летом 2003 г. было указано, что экологическое состояние многих водных объектов в наиболее населенных и промышленно развитых районах России неудовлетворительно.

Основные реки: Волга, Дон, Кубань, Днепр, Северная Двина, Печора, Урал, Обь, Енисей, Лена, Колыма, Амур - оцениваются как «загрязненные», местами - как «очень грязные»; крупные притоки: Ока, Кама, Томь, Иртыш, Тобол, Миасс, Исеть, Тура - как «очень грязные», а местами как «чрезвычайно грязные». Экологическое состояние ряда менее крупных рек признано катастрофическим. Хотя подземные воды в среднем отличаются меньшей загрязненностью, чем поверхностные, однако сейчас наблюдается тенденция к ухудшению и их экологического состояния.

Санитарное состояние водоемов 1 и 2 категории водопользования по России остается неудовлетворительным. Почти половина источников централизованного водоснабжения из открытых водоемов не соответствует санитарным нормам. Объем сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, составляет более 55 км³, при этом «нормативную очистку» проходит лишь 11 %.

В 2001 г. 22 % проб воды в местах водозаборов из открытых водоемов не отвечало гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, и 28 % - по химическим. Возрастает доля проб воды с выделением возбудителей инфекционных заболеваний, в 2002 г. она достигла почти 1,5 %. В целом по стране только 1 % исходной воды поверхностных источников соответствует тем нормативам, которые гарантируют получение питьевой воды надлежащего качества. 34 % водопроводов с водозабором из открытых водоемов не имеют полного комплекса очистных сооружений, и 20 % -

обеззараживающих установок. Крайне медленно внедряются современные технологии водоочистки, сохраняется высокая изношенность разводящих сетей - до 60 %. В 2001 г. 19,5 % проб воды, поступающей непосредственно потребителям, не отвечало гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям[4].

Очистка сточных вод предполагает их обработку с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения является сложным производством. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода). Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей. Сущность механического метода состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75% нерастворимых примесей, а из промышленных до 95%, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве. Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляются различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%. При физико-химическом методе обработки из сточных вод удаляются тонко дисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется коагуляция, окисление,

сорбция, экстракция и т.д. Широкое применение находит также электролиз. Он заключается в разрушении органических веществ в сточных водах и извлечении металлов, кислот и других неорганических веществ. Электролитическая очистка осуществляется в особых сооружениях - электролизерах. Очистка сточных вод с помощью электролиза эффективна на свинцовых и медных предприятиях, в лакокрасочной и некоторых других областях промышленности. Загрязненные сточные воды очищают также с помощью ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления. Хорошо зарекомендовала себя очистка путем хлорирования.

Среди методов очистки сточных вод большую роль играет биологический метод, основанный на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, биологические пруды и аэротенки [6].

В России очисткой воды занимаются такие организации как:

- АГК Экология;
- Ecolos;
- Техносфера;
- ТОРОС;
- Российский химико-технологический университет им. Менделеева.

В первую очередь очистка воды и использование чистой воды является важным для населения, которое использует её для пищевых целей. Также заинтересовано сельское хозяйство, скотоводство, энергетика, а также нефтегазовая отрасль.

На данный момент очень важно заниматься очисткой воды, важно изучать теплофизические свойства разных материалов (проводить экспериментальные исследования), разрабатывать новые, более усовершенствованные способы очистки.

Сегодня население планеты растёт стремительными темпами, и потребность в пресной питьевой воде только возрастает. По данным счётчика

[7], население Земли на 25 апреля 2015 года достигло приблизительно 7 миллиардов 289 миллионов человек, а ежегодный прирост составляет примерно 83 миллионов человек. Данные указывают на ежегодный прирост потребности в пресной воде в объёме 64 млн. м³. Следует заметить, что за период времени, когда население планеты выросло в три раза, использование пресной воды возросло в 17 раз. Причём, по некоторым прогнозам, через 20 лет оно может увеличиться ещё втрое.

По прогнозам, запасы пресной питьевой воды далеко не безграничны, и они уже подходят к концу. Согласно исследованиям, к 2025 году больше половины государств планеты либо ощутят серьёзную нехватку воды, либо почувствуют её недостаток, а к середине XXI века уже трём четвертям населения Земли не будет хватать пресной воды. По подсчётам, примерно в 2030 году 47% населения планеты будут существовать под угрозой водного дефицита. При этом к 2050 г., значительно увеличится население развивающихся стран, в которых уже сегодня воды не хватает[8].

Нехватку пресной воды в последнее время ощущают и развитые страны: не так давно сильные засухи в США привели к дефициту воды на больших территориях Юго-Запада и в городах на севере штата Джорджия.

Экономические последствия загрязнения воды могут быть достаточно серьёзными вследствие вредных воздействий на здоровье человека или на окружающую среду. Ухудшение здоровья часто снижает эффективность труда человека, а разрушение окружающей среды уменьшает продуктивность водных ресурсов, непосредственно используемых людьми [9]. Также, в некоторых странах цена на воду превышает цену на бензин. Например, в США литр воды в среднем стоит 66 руб.[10], а литр бензина 39 руб[11].

Одним из видов загрязнения водоёмов является тепловое загрязнение. Электростанции, промышленные предприятия часто сбрасывают подогретую воду в водоём. Это приводит к повышению в нём температуры воды. С повышением температуры начинает уменьшаться количество кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается

биологическое равновесие. В загрязнённой воде с повышением температуры начинают бурно размножаться болезнетворные микроорганизмы и вирусы. Попадая в питьевую воду, они могут вызвать вспышки различных заболеваний.

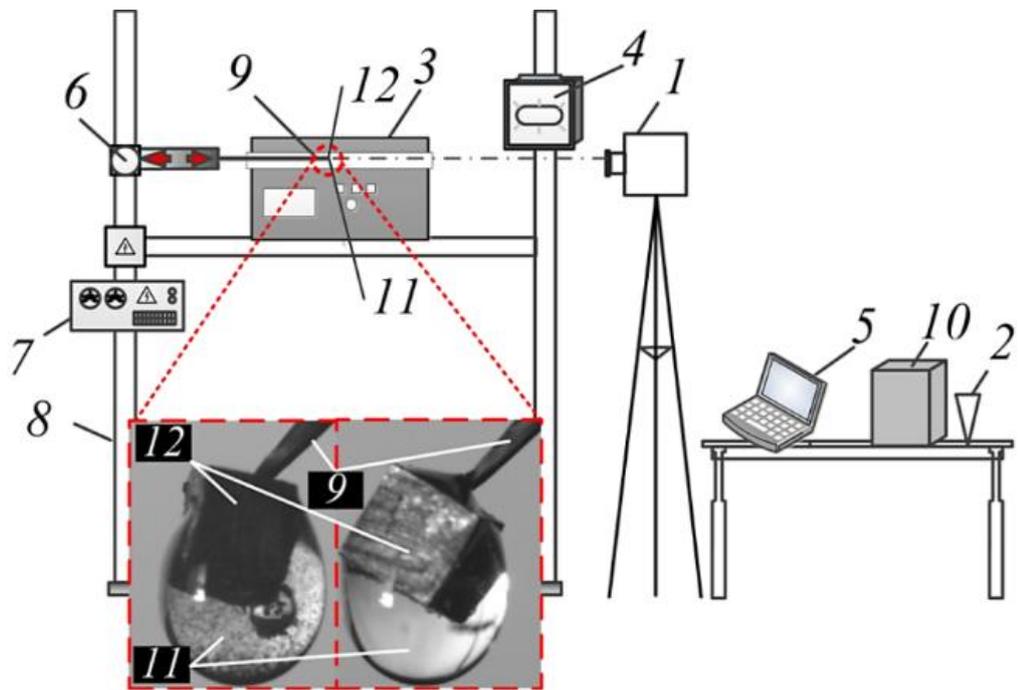
Термическая очистка сточных вод заключается в полном окислении при высокой температуре (сжигании) органических примесей с получением газообразных продуктов сгорания и твердого остатка. При этом необходимо испарение большого количества воды, что связано с большим расходом топлива, пара и электроэнергии[12].

1 Исследовательские изыскания

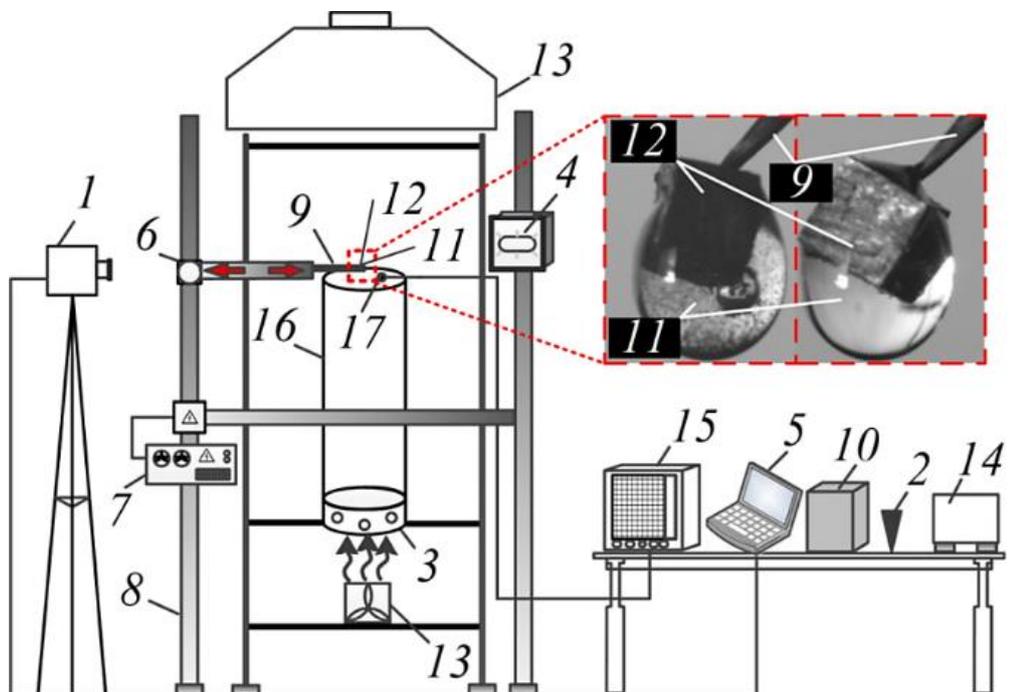
В настоящее время можно отметить достаточно интенсивное развитие технологий термической очистки воды и различных эмульсий на ее основе [13-18]. Принято считать [18], что непрерывное развитие таких технологий обусловлено не только установлением новых типов примесей или инородных включений и условий их удаления, но и довольно невысокой эффективностью действующих систем. Данная проблема особенно актуальна для существенно неоднородных капельных потоков воды, которые проходят через соответствующие камеры систем термической очистки несколько раз (общая длительность процесса существенно растет).

В качестве газовой среды в современных системах термической очистки воды применяются [13-18] продукты сгорания различных горючих жидкостей или газов, а также разогретый воздух. Как правило, основной эффект достигается за счет фазовых превращений жидкости (парообразования) [13-18]. На сегодняшний день имеется критически мало экспериментальной информации об условиях парообразования при нагреве гетерогенных (неоднородных) капель жидкостей (с различными твердыми частицами) в типичных для систем термической очистки условиях. Очевидно, что это обусловлено довольно высокой сложностью рассматриваемых процессов и фазовых превращений.

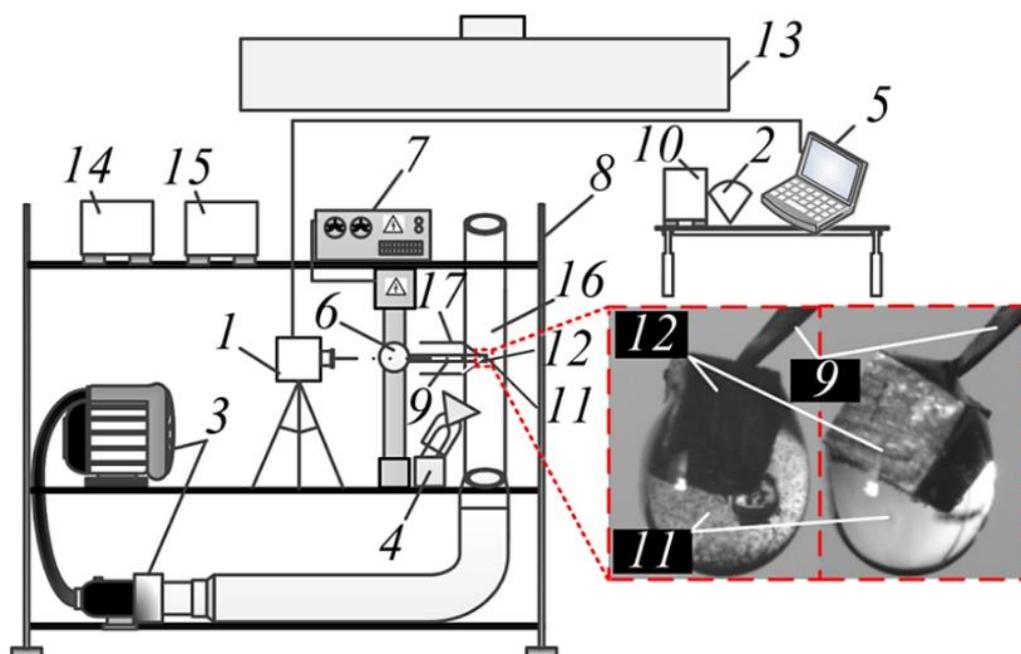
Для проведения экспериментальных исследований закономерностей фазовых превращений капель воды с твердыми непрозрачными включениями при нагреве в различных высокотемпературных газовых средах разработаны три стенда (рис.1.1).



a



b



в

Рисунок 1.1 – Схемы экспериментальных стэндов с муфельной печью (а), топливной горелкой (б) и воздушнонагревателем (в): 1 – высокоскоростная камера; 2 – дозирующее устройство; 3 – топливная горелка; 4 – прожектор; 5 – компьютер; 6 – моторизованное координатное устройство (МКУ); 7 – блок питания МКУ; 8 – алюминиевая стойка; 9 – керамический стержень; 10 – аналитические весы; 11 – капля воды / суспензии; 12 – твердое включение; 13 – система обеспечения воздушного потока; 14 – устройство для изготовления включений; 15 – регистратор температуры; 16 – полый цилиндр из кварца; 17 – термопара

Исследования проводились с каплями воды (начальный объем 5–15 мкл), содержащими одиночные крупные (соизмеримые по размерам с каплей воды) твердые включения (размером 1–4 мм). В сформированных неоднородных каплях размером ~3–5 мм в ряде экспериментов присутствовали мелкие включения (размером 0,05 и 0,2 мм). Нагрев неоднородных капель проводился в различных газовых средах для создания температурных условий, максимально близких к тем, которые характерны для

широкой группы практических приложений (термическая очистка жидкостей, пожаротушение и т.д.). В качестве генераторов высокотемпературных газовых сред применялись муфельная трубчатая печь, топливная горелка с газовой камерой и воздухонагреватель с каналом, по которому двигался поток разогретого воздуха. Температура нагрева неоднородных капель в экспериментах варьировалась в диапазоне от 300 до 1400 К. Мониторинг и регистрация изменений температуры газовой среды и контроль температур жидкостей в составе неоднородных капель (перед опытами) выполнялись термоэлектрическими преобразователями.

Систематические погрешности определения времен существования неоднородных капель воды составляли менее 10-3 с. Систематические погрешности средств измерения размеров включения – 0,05 мм. Случайные погрешности определения температуры газовой среды и времен существования капель составили 7–9 % [19].

В работе [20] установлено, что парообразование неоднородных капель жидкости в рассматриваемых условиях может реализовываться по одной из трех схем (1 схема – испарение жидкости со свободной поверхности капли, 2 и 3 схемы – интенсивное парообразование на внутренних границах раздела сред неоднородной капли с взрывным дроблением слоя жидкости; отличия второй и третьей схем заключаются в длительностях процессов взрывного дробления и механизмах подведения тепловой энергии в внутренним границам раздела сред). Предполагается, что при выполнении третьей схемы (при соблюдении условия полного обволакивания включения каплей жидкости [20]) энергия в основном проходила к внутренней границе раздела сред через пленку жидкости за счет лучистого переноса и аккумулировалась у поверхности твердого включения.

Проведенные эксперименты показали, что взрывное дробление неоднородных капель воды при интенсивном нагреве приводит к кратному росту площади поверхности жидкости. Установлены три режима взрывного дробления, представленные на рисунке 1.2, отличающиеся временами

прогрева каплей t_d и динамикой роста площади поверхности жидкости S_d . Для первого режима дробления площадь поверхности жидкости после распада неоднородной капли увеличивалась лишь в несколько раз (обусловлено образованием 5–7 фрагментов жидкости). Второй режим представлял распад одной интенсивно испаряющейся капля на парокапельные фрагменты разных размеров. Их число n_d могло достигать нескольких десятков. Третий режим характеризовался ростом S_d относительно начального значения (до дробления) в 15–17 раз (образовывался водяной аэрозоль – n_d от нескольких десятков до сотни капель). Анализ проведенных экспериментов показал, что наиболее часто реализуется первый режим[21].

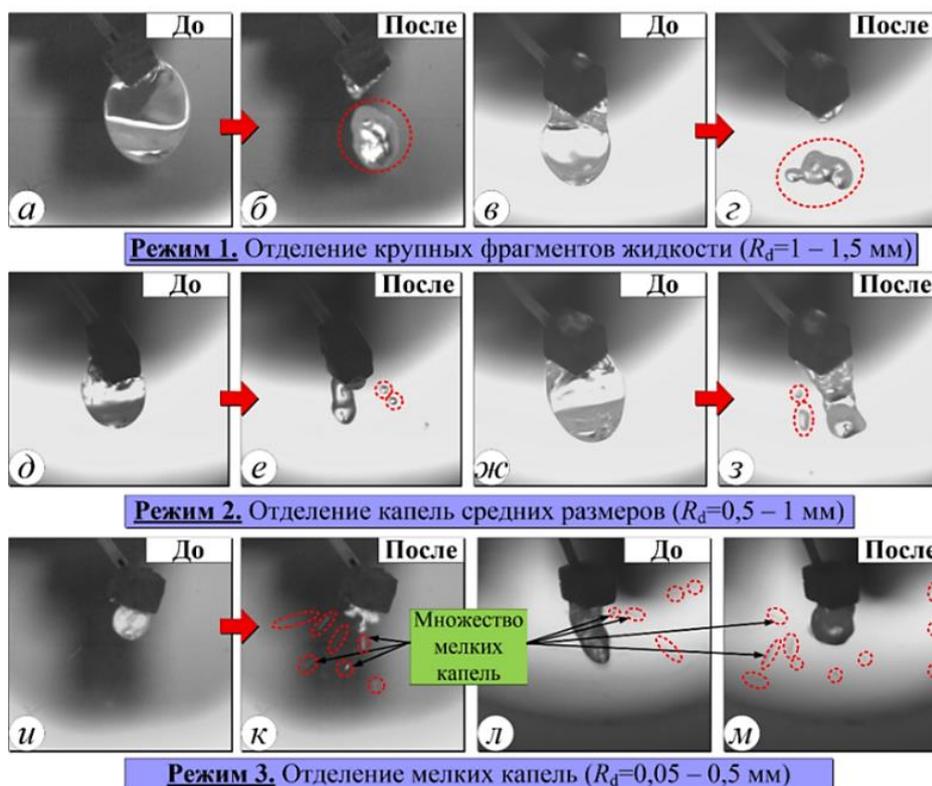


Рисунок 1.2 – Характерные режимы дробления неоднородных капель воды

Полученные результаты и сделанные на их основе заключения иллюстрируют большой потенциал использования изучаемого эффекта взрывного дробления неоднородных капель в различных высокотемпературных газопарокапельных приложениях, соответствующих химической, нефтехимической, энергетической и другим отраслям

промышленности (например, при термической и огневой очистке воды от нерегламентированных примесей, получении синтез-газа из водных растворов, эмульсий и суспензий, создании теплоносителей на основе дымовых газов, паров и капель воды и др.).

2 Проектирование САУ температуры в нагревательной камере

В данной работе рассматривается метод выпаривания загрязнённых термических сточных вод.

Выпаривание – термический процесс концентрирования растворов нелетучих твердых веществ при кипении и частичном удалении жидкого растворителя в виде пара. В технике процесс выпаривания (упаривания) получил широкое распространение, так как многие вещества (сахар, поваренная соль, соли щелочных металлов, аммиачная селитра и многие другие) получают в виде слабых водных растворов, а в готовом для потребления, хранения или транспорта виде они должны быть полностью или частично обезвожены.

Важной особенностью вакуумной выпарной установки является её способность:

- 1) очищать одновременно различные стоки;
- 2) очищать стоки даже с высокой концентрацией загрязняющих веществ (что довольно проблематично при многих других методах очистки);
- 3) очищать стоки, содержащие агрессивные жидкости. В результате очистки получается очищенная деминерализованная вода, которую можно снова использовать и концентрированный отход. Вода, очищенная с помощью вакуумно-выпарной установки обладает удельной электропроводностью ниже, чем 10 мкСименс/см и является высокоочищенной.

На рисунке 2.1 представлена схема очистки сточных вод вакуумным методом. Исходная жидкость поступает в рабочую камеру. Там образуется конденсат и концентрат. Конденсат далее поступает в водосборный резервуар и далее идёт на слив.

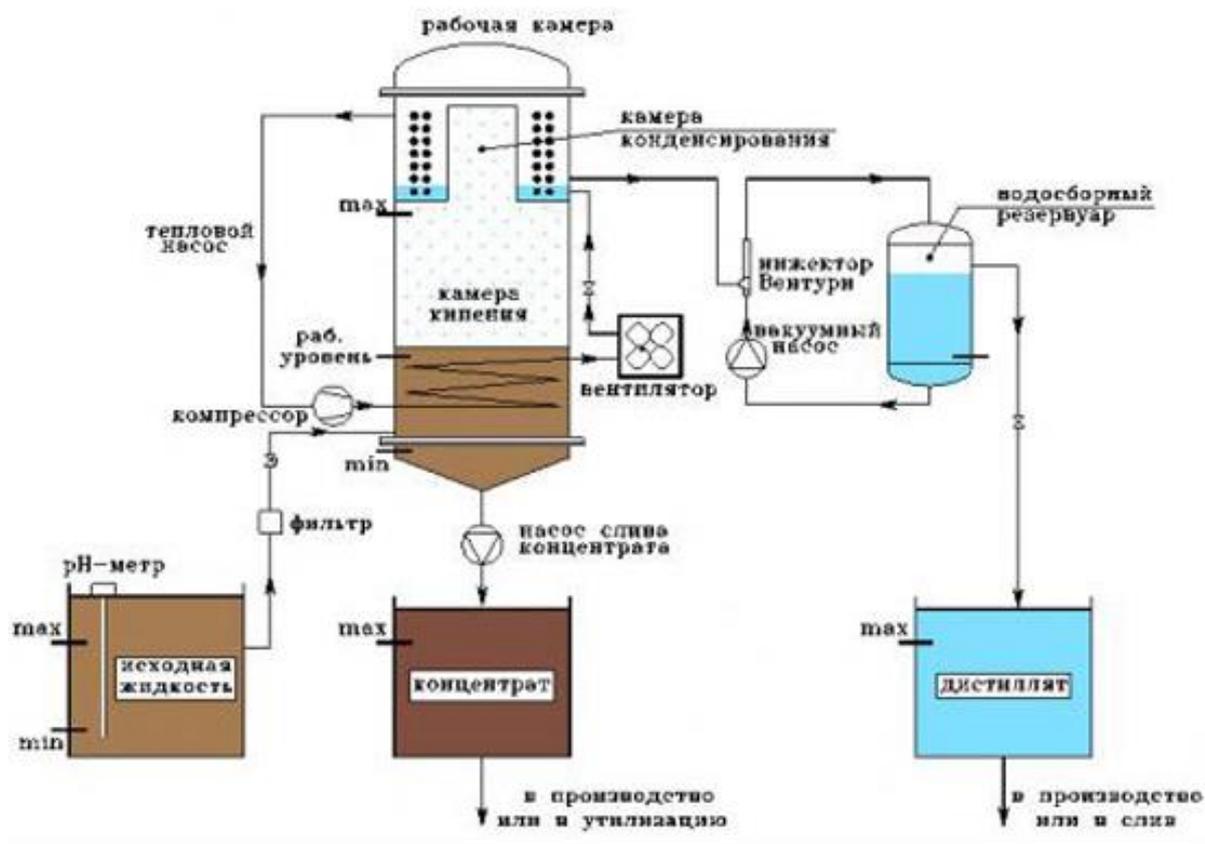


Рисунок 2.1 – Схема очистки сточных вод вакуумным методом

Концентрирование растворов

В результате очистки, наряду с дистиллятом, мы получаем концентрированный остаток (отход), который содержит загрязняющие вещества, и объём которого в 10-60 раз меньше исходного объема стоков. Это приводит соответственно и к снижению затрат на утилизацию отходов. Возможно получение конечного концентрата от жидкого и кремообразного, до концентрата в практически сухом виде. Получение такого концентрата показано на рисунке 2.2. Способность вакуумной выпарной установки концентрировать, для ряда производств может быть использована для восстановления растворов, что позволяет возвращать их в технологический процесс. Например, при обработке вод после гальванических ванн можно осуществлять концентрирование и восстановление драгоценных металлов (никель, хром, медь, серебро) из промывочных вод и возвращать их снова в

рабочие ванны, а очищенный дистиллят в свою очередь направляет снова в промывочные ванны. Так как процесс кипения осуществляется при низких температурах, не происходит кроме того разложения органических добавок, присутствующих в активных растворах.

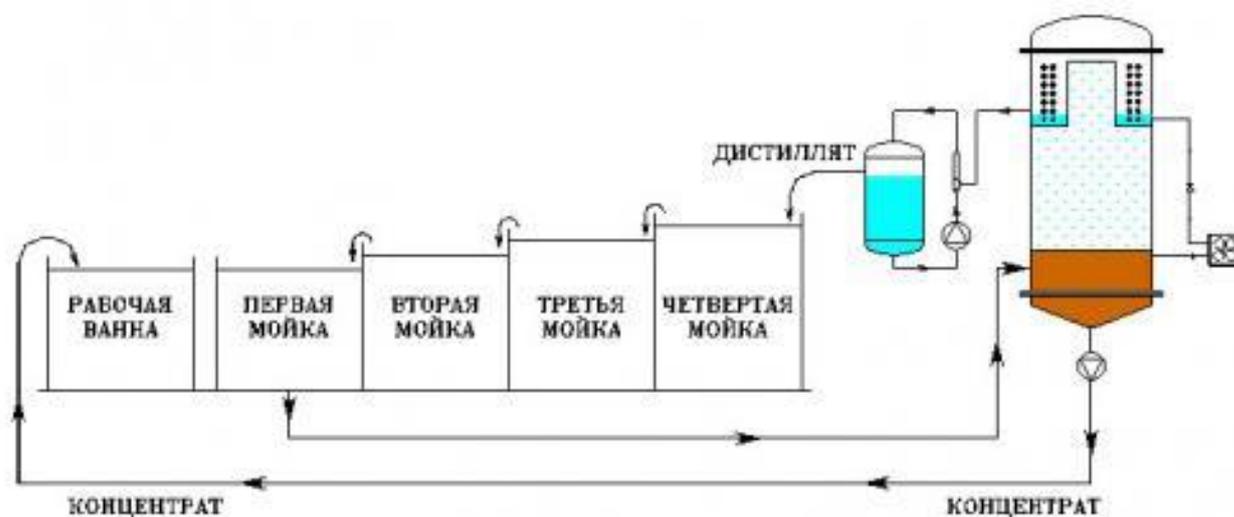


Рисунок 2.2 – Схема концентрирования растворов

Выпарные установки являются важным аспектом для очистки сточных вод. Автоматизация таких установок представляет большой интерес, так как очистка воды важна для работоспособности котлоагрегата.

Исходная вода поступает в рабочую камеру, где при взаимодействии с горячей средой происходит испарение этой воды. Конденсат уходит в специальный бак, где конденсируется в очищенную воду [22].

2.1 Выбор структуры автоматизированной системы управления температуры в нагревательной камере

Эффективность работы объекта автоматизации, относительная стоимость, ремонтпригодность и надежность напрямую зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации.

Ниже на рисунке 2.1.1 представлена структурная схема автоматической системы регулирования температуры.

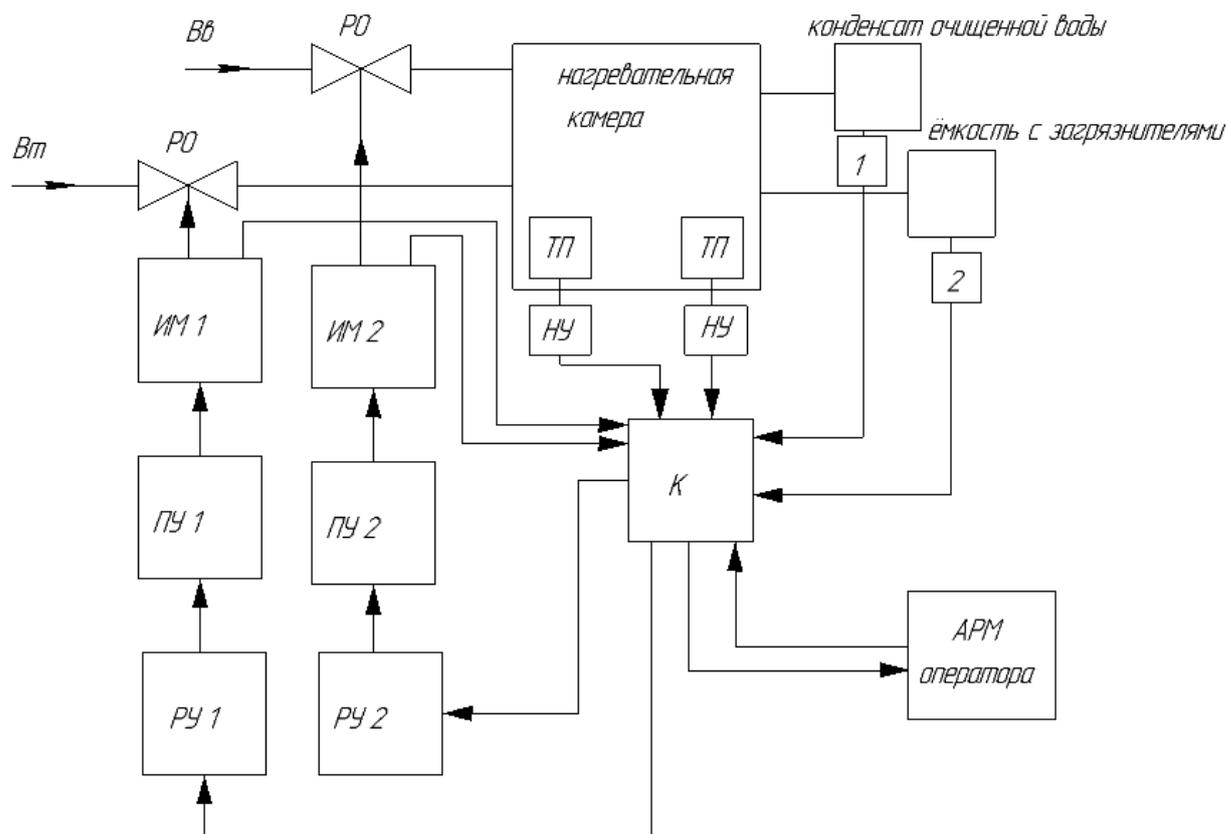


Рисунок 2.1.1 – Структурная схема автоматической системы контроля и регулирования температуры в нагревательной камере термической очистки сточных вод

На рисунке 2.1.1 присутствуют следующие обозначения:

ТП – термоэлектрический преобразователь;

К – контроллер;

РУ – блок ручного управления;

ПУ – пусковое устройство;

ИМ – исполнительный механизм;

РО – регулирующий орган;

НУ – нормирующее устройство;

АРМ оператора – автоматизированное рабочее место оператора.

В данной структуре контролируется температура парогазовой смеси. Это становится возможным за счет применения термоэлектрических преобразователей ТП, данные с которых передаются на контроллер К, а так как у системы имеется верхний уровень, данные с контроллера К поступают на АРМ оператора. В контроллере данные с термопар сравниваются с уставкой и подается сигнал на блок ручного управления РУ, а затем на пусковое устройство ПУ. С пускового устройства ПУ сигнал идет на исполнительный механизм ИМ, который приводит в движение заслонку регулирующего органа РО. Первый регулирующий орган регулирует подачу воды в нагревательную камеру, а второй регулирующий орган регулирует подачу топлива. При взаимодействии горячего потока от горелки и очищаемой воды, происходит кипение воды и образуется конденсат очищенной воды, который далее идет в водосборный резервуар.

2.2 Разработка функциональной схемы АСУ температуры в нагревательной камере

В процессе проектирования АСУ после описания объекта управления, составления перечня контролируемых параметров, постановки задачи автоматического контроля и управления, анализа структур аналогов и действующих систем управления, модернизации выбранной структуры выявляются особенности функциональных решений.

Эти особенности отражаются в функциональной схеме автоматизации технологического процесса, которая представляет собой совокупность функций и связей между этими функциями. Такая схема является основным техническим документом, определяющим структуру и характер систем автоматизации технологических процессов, а также оснащения их приборами и средствами автоматизации.

Функции разбивают схему на участки в виде контуров для того, чтобы показать взаимодействие отдельных частей технологической цепи. Для разработки функциональных структур выбираются состав каналов:

- 1) информационно-измерительного канала;
- 2) информационно-управляющего канала;
- 3) исполнительного канала.

В информационно-управляющем канале микропроцессорный контроллер реализует функции задания регулируемого параметра, корректирующего и стабилизирующего регуляторов, то есть с помощью входных и выходных сигналов с датчиков формирует управляющее воздействие на пусковое устройство исполнительного механизма. Схема должна предусматривать блок ручного управления, который позволяет выбирать режим управления. Пусковое устройство предназначено для усиления сигнала или для коммутации сигналов.

Функциональная схема АСУ температуры в нагревательной камере представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.006 С2.

В процессе выполнения дипломной работы была разработана функциональная схема, включающая 8 измерительных каналов и 2 канала управления. Установлены датчики температуры 1а, 2а, температура парогазовой смеси измеряется в двух точках нагревательной камеры. Датчики уровня 3а, 4а, регистрируют уровни в баке конденсата очищенной воды и в ёмкости с загрязнителями. Датчики расхода 5а, 6а измеряют расход подачи исходной воды и расход подаваемого топлива. Полученные сигналы с датчиков передаются на контроллер, где происходит сравнение полученных значений с уставками. Затем, контроллер подаёт воздействие на пусковое устройство, что приводит в движение исполнительный механизм.

2.3 Выбор технических средств и составление заказной спецификации АСУ температуры в нагревательной камере

2.3.1 Выбор программируемого логического контроллера

Рассмотрим два варианта программируемых логических контроллеров, которые возможны для работы в АСУ температуры в нагревательной камере в качестве центральных контроллеров:

1) Программируемые логические контроллеры(ПЛК) Twido Modular. Модульной серии для малых и средних систем автоматизации с увеличенной гибкостью благодаря модульности.

Модульный контроллер с 20 вх/вых:

- доступен в двух моделях: с транзисторными выходами типа «источник тока» (TWDLMDA20DTK) и транзисторными выходами типа «приемник тока» (TWDLMDA20DUK).

Имеет:

- 12 цифровых входа и 8 транзисторных выходов типа «источник тока» или «приемник тока»;
- 1 разъём аналогового входа напряжения ;
- 1 аналоговый потенциометр;
- 1 интегрированный последовательный порт;
- разъём для монтажа;

Допускается:

- до 7 модулей расширения вх/вых ;
- оба дополнительных картриджа (RTC и память – 32 Кб или 64 Кб) ;
- либо дополнительный дисплей, либо дополнительный коммуникационный модуль [23].

2) Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК63

Таблица 2.3.1.1 – Технические характеристики программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК63 [24]

Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Объем оперативной памяти для хранения переменных программ	10 кб
Объем памяти хранения программ	280 кб
Объем памяти ввода-вывода	600 байт - для ПЛК63-М 360 байт - для ПЛК63-L
Объем энергонезависимой памяти	448 кбайт (Flash-память)
Время работы часов реального времени после пропадания питания	не менее 3 месяцев
Конструктивное исполнение	крепление на DIN-рейку
Степень защиты корпуса (со стороны лицевой панели) по ГОСТ14254-96	IP20
Напряжение питания	постоянного тока от 150 до 300 В (номинальное 220 В) переменного тока (47...63 Гц) от 90 до 264 В (номинальное 110/220 В)
Потребляемая мощность, не более	для постоянного тока, 12 Вт для переменного тока, 18 Вт
Параметры встроенного вторичного источника питания	выходное напряжение 24±3 В, ток не более 180 мА
Интерфейсы	RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11)
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (протокол CODESYS)
Количество универсальных аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	8
Количество выходных элементов	6
Расширение количества дискретных выходов	до 8 (модуль MP1 по внутренней шине)

Сравнивая характеристики двух представленных ПЛК, выбираем TWDLMDA20DTK, так как это модульный контроллер. При необходимости есть возможность добавления дополнительных модулей, это важно для корректной работы. Также, компания Schneider Electric является ведущим

поставщиком средств автоматизации с приемлемыми ценами. ПЛК Schneider Electric подходит по ценовой характеристике и по количеству входов/выходов.

2.3.2 Выбор датчика температуры

Регулируемым параметром в проектируемой автоматизированной системе управления (АСУ) является температура. Важно не просто измерять температуру, но и своевременно реагировать на происходящие изменения.

Преобразователи термоэлектрические (ТП, термопары) предназначены для контроля и измерения температуры жидких, твердых, газообразных и сыпучих сред, неагрессивных к материалу корпуса преобразователя.

Рассмотрим два варианта:

- 1) Термоэлектрический преобразователь ТП-0395/2.

Таблица 2.3.2.1 – Технические характеристики ТП-0395/2 [25]

НСХ	Диапазон измерений, °С	Класс допуска	Кол-во рабочих спаев
ХА (К)	0...+1250	1	1
НН (N)		2	
ПП (R)	0...+1600	2	2
ПП (S)		2	
ПР (B)	+600...+1800		
Показатель тепловой инерции, с			
40			
Длина монтажной части L, мм			
320, 400, 500, 600, 740, 1000, 1190			

2) Термоэлектрический преобразователь ТП- 2388/2.

Таблица 2.3.2.2 – Технические характеристики ТП- 2388/2 [25]

НСХ	Диапазон измерений, °С	Класс допуска	Кол-во рабочих спаев
ХА (К)	-40...+1100	1	1
НН (N)	-40...+1250	2	2
Показатель тепловой инерции, с			
Изолированный спай: 180			
Неизолированный спай: 60			
Длина монтажной части L, мм			
200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150			

Представлены термопары компании “Элемер”, по характеристикам лучше подходит термопара ТП-0395/2 [25], так как следует измерять температуру в выпарном аппарате, где преобладает высокая температура. НСХ ПП(R) подходит для диапазона температур в нагревательной камере.

2.3.3 Выбор нормирующего устройства

Нормирующие измерительные преобразователи предназначены для преобразования различных сигналов (сигналов термопар, термопреобразователей сопротивления, унифицированных сигналов и т.п.) или параметров сигналов (действующих значений, частоты, периода, длительности) в унифицированные сигналы постоянного тока или напряжения. Нормирующие измерительные преобразователи формируют сигнал тока или напряжения, который линейно зависит от измеренной величины. Рассмотрим 2 варианта НУ Российских производителей.

1) Нормирующее устройство МЕТАКОН-1205[26]

- Программный выбор типа входного сигнала;
- Линеаризация НСХ термопреобразователей, пирометров и ПМТ;
- Масштабирование линейных сигналов;

- Компенсация температуры холодного спая (может быть отключена пользователем);
- Коррекция результатов измерения путем смещения на фиксированную величину;
- Извлечение квадратного корня из результата измерения;
- Преобразование сигналов термопар, термометров сопротивления, пирометров и унифицированных сигналов тока и напряжения в унифицированный токовый сигнал 0...5, 0...20, 4...20 мА;
- Режим лупы (преобразование части диапазона входного сигнала);
- Позиционное регулирование;
- Сигнализация при достижении заданного уровня (8 функций);
- Сигнализация с функцией задержки срабатывания;
- Сигнализация с функцией отложенного срабатывания при первом включении;
- Переключение уставок и предустановок внешним дискретным сигналом;
- Встроенный источник питания 24 В;
- Передача данных и управление по сети RS-485.

2) Нормирующий преобразователь НПТ-1

Таблица 2.3.3.1 – Технические характеристики нормирующего устройства НПТ-1[27]

Номинальное значение напряжения питания (постоянного тока)	24 В
Диапазон допустимых напряжений питания (постоянного тока)	12 – 36 В
Потребляемый ток, не более:	
– для рабочего режима	35 мА
– для режима конфигурирования (питание осуществляется от USB-Host)	50 мА
Номинальный диапазон выходного тока преобразователя	0 – 20 мА, 4 – 20 мА
Сопротивление каждого соединительного провода, соединяющего преобразователь с датчиками, не более	100 Ом

Продолжение таблицы 2.3.3.1

Допустимое отклонение сопротивлений проводов при трехпроводной схеме подключения ТС, не более	0,01% от R0
Номинальное значение сопротивления нагрузки (при напряжении питания 24 В)	250 Ом ±5 %
Максимальное допустимое сопротивление нагрузки (при напряжении питания 36 В) *	1200 Ом
Пульсации выходного сигнала	0,6%
Время установления выходного сигнала после скачкообразного изменения входного, не более	1 с
Время непрерывной работы	круглосуточно
Интерфейс связи с ПК	USB2.0 Full Speed

В рамках дипломной работы необходимо наличие двух НУ, так как используются два термоэлектрических преобразователя. Для реализации задачи дипломной работы выбран НПТ-1 производства «ОВЕН». Данный преобразователь обладает наилучшими характеристиками, подходит для решения необходимых задач, а также, обладает меньшей стоимостью.

2.3.4 Выбор технических средств измерения расхода воды и топлива

Для измерения расхода воды и топлива существует большое количество преобразователей. Они отличаются методом измерения, погрешностью измерения, производителем, ценой и т.д. Рассмотрим два варианта, которые отличаются непосредственно методом измерения.

Электромагнитные расходомеры серии FLONET FN20XX.1 предназначены для непрерывного измерения объема протекающих по трубопроводу электропроводных жидкостей, а также их преобразования в выходной сигнал (импульсный, частотный, аналоговый 4...20 мА) [28].

Таблица 2.3.4.1 – Технические характеристики расходомера FN20XX.1[28]

Модель	FN20XX.1	
Применение	Энергетика, химическая и пищевая промышленность, ЖКХ, «Водоканалы»	
Присоединение	Фланцевое, бесфланцевое (сэндвич)	
DN, мм	6...900	
PN, МПа	DN, мм	PN, МПа
	6...10	1,6
	15...50	4
	65...200	1,6
	250...750	1
	800...900	0,6
Температура среды	Футоровка	T, °C
	Твердая резина	0...+80
	Мягкая резина	0...+90
	Тефлон	-20...+150
	Этиленхлор-трифторэтилен	-20...+130
Материал проточной части	Углеродистая и нержавеющая сталь	
Материал измерительных электродов	нержавеющая сталь, Хастеллой С4, платина, тантал, титан	

Ультразвуковой расходомер жидкости US-800 разработан с учетом особенностей эксплуатации узлов учета в РФ, имеет встроенную защиту от перенапряжения и помех в питающей сети.

Таблица 2.3.4.2 – Технические характеристики ультразвукового расходомера фирмы «Эй-Си Электроник» типа US-800[29]

Наименование	Значение
Токовый выход	4-20 мА
Интерфейс	RS-485
Питание	24 В
Потребляемая мощность	17 Вт
Рабочие условия	-40...+180 °C
Погрешность измерения	По массе: ±1 %
Измерение расхода	до 6500 м ³ /ч

Проведя анализ технических характеристик преобразователей расхода делаем вывод о том, что расходомер фирмы Эй-Си Электроник типа US800 подходит для нашей системы по диапазону рабочих температур и классу точности.

2.3.5 Выбор датчика уровня

В нагревательной камере происходит нагрев очищаемой воды, от нагревательной камеры отходит две трубы, которые разделяют конденсат и осадки. Эти трубы приходят в два бака: бак конденсата очищенной воды и бак загрязнителей. Необходимо измерять уровни в баках и при необходимости производить спуск воды или твердых остатков.

В таблице 2.3.5.1 представлены 3 варианта датчиков уровня воды, они различаются типами зондов, глубиной измерения и температурами контролируемого вещества. При выборе важно учитывать все эти параметры для оптимальной работы системы.

Таблица 2.3.5.1 – Технические характеристики датчиков уровня воды [30]

Модель	Глубина измерения (длина зонда)	Температура контролируемого вещества	Выходы	Рабочее напряжение питания
<u>NivoCap</u>	до 20 м	-30 °С...+200 °С	Токовый 4...20 мА Модуль SAP-202 Интерфейс HART-протокола	12...36 В
<u>FineTek EB</u>	до 50 м	-20 °С...+200 °С	Токовый 4...20 мА	12...36 В
<u>FineTek EB43</u>	до 1,5 м	-40 °С...+85 °С	4...20 мА, 0...5 В, 1...6 В	11...36 В

FineTek EB более предпочтителен. Он имеет наибольшую глубину погружения и работает в высокотемпературной среде.

Датчик уровня твердого остатка:

Таблица 2.3.5.2 – Технические характеристики датчиков уровня твердых остатков [31]

Модель	Диапазон измерений	Температура контролируемого материала	Плотность контролируемого материала	Точность измерений
<u>INNOLev</u> <u>e1 LOT</u>	макс. 15 м или макс.30 м	-40 °С...80 °С	от 20 г/л	1 импульс (<10 м) 2 импульса (<20 м) 3 импульса (<30 м)
<u>NIVOBO</u> <u>B NB3000</u>	макс. 30 м (тросовое исп.) макс. 50 м (ленточное исп.)	-40 °С...80 °С	от 20 г/л	10 см/импульс 5 см/импульс 2,5 см/импульс 1 см/импульс
<u>NIVOBO</u> <u>B NB4000</u>	макс. 15 м или макс.30 м	-40 °С...80 °С	от 20 г/л	лента: 1 импульс (<10 м) 2 импульса (<20 м) 3 импульса (<30 м) трос: 2 импульса (<10 м) 3 импульса (<20 м) 5 импульсов (<30 м)

Датчик уровня твердого остатка выбираем также по уровню погружения и температуре контролируемого материала. Самым подходящим является NIVOBO B NB3000.

2.3.6 Выбор исполнительного механизма

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

Определим максимальное значение крутящего момента, которое возможно при работе исполнительного механизма в системе. Поскольку дипломная работа не предусматривает точный расчет запорной арматуры, для расчета воспользуемся формулой:

$$M_{\max}^{кр} = 6,89 \cdot D_y - 338,$$

где $M_{\max}^{кр}$ – расчетное значение на штоке максимального крутящего момента, Н·м; D_y – условный диаметр трубопровода, мм.

Внешний диаметр – 200 мм.

Найдем значение максимального крутящего момента:

$$M_{\max}^{кр} = 6,89 \cdot 200 - 338 = 1040 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Исходя из условия, что $M_n \geq M_{\max}^{кр}$, выбираем МЭО-1600/10-0,25 РК 2008 [32] года разработки в составе с реостатным блоком сигнализации положения и с блоком концевых выключателей для режима ручного управления с блока управления. Механизм МЭО устанавливается вблизи регулирующего устройства и связываются с ним посредством тяг и рычагов.

2.3.7 Выбор блока управления исполнительным механизмом

Исполнительное устройство — устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: собственно, исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и регулирующего органа, например, регулирующего клапана, и может оснащаться дополнительными блоками.

Для выбора устройства, рассмотрим два варианта и сравним характеристики блоков управления LG7K06M708 и БУЭР1-30-02.

Таблица 2.3.7.1 – Технические характеристики блока управления LG7K06M708[33]

[I _{сw}] номинальный рабочий ток	2,5 ... 4 АС-3
Мощность двигателя, кВт	0.75 кВт при 220/230 В переменный ток 50/60 Гц 1.5 кВт в 400/415 V переменный ток 50/60 Гц 1.5 кВт в 440 V переменный ток 50/60 Гц
Диапазон уставок тепловой защиты	2.5...4 А
Напряжение цепи управления	220/230 В пер. ток 50/60 Гц
Количество вводов кабеля	4 вход кабеля: 2 Pg 13 + 2 Pg 16 верх 4 вход кабеля: 2 Pg 13 + 2 Pg 16 низ

Таблица 2.3.7.2 – Технические характеристики блока управления БУЭР3-3-30[34]

Параметр	Характеристика
Входной сигнал	Среднее значение выпрямленного двух полупериодного синусоидального напряжения 24 ± 6 В от встроенного или внешнего источника
Входной сигнал от датчика положения	0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20 мА
Режим работы	повторно-кратковременный с продолжительностью включений до 25%
Электрическое питание	трехфазная сеть 380 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	8 Вт
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP20

В качестве блока управления исполнительным механизмом будем использовать интеллектуальный блок серии БУЭР1-3-30, выполняющий пуск, реверс и остановок однофазных электродвигателей. Технические характеристики выбранного блока управления представлены в таблице 2.3.7.2.

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол		
1	2	3	4		
1а, 2а	Термоэлектрический преобразователь, погружаемый, НСХ ПП (R), диапазон измерения 0 ... +1600°C, монтажная длина 740 мм, класс допуска 2. АО «Метран», г. Челябинск	ТП-0395/2	2		
3а	Датчик уровня жидкости, погружаемый, климатическое исполнение -20°C...+200°C °C, глубина измерения 50 м, унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА, предел основной допускаемой приведенной погрешности ±0.5 %. ОО «РусАвтоматизация», г. Челябинск	FineTek EB	1		
4а	Датчик уровня сыпучих сред, климатическое исполнение -40°C...+80°C, глубина измерения 30 м, унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА, предел основной допускаемой приведенной погрешности ±0.5 %. ОО «РусАвтоматизация», г. Челябинск	NIVOBOW NB3000	1		
5а, 6а	Расходомер ультразвуковой, верхний предел измерения до 6.5 т/ч, класс точности 1.5, унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА. ООО «Эй-Си Электроник», г. Чебоксары	US-800	2		
7д, 8д	Механизм электроисполнительный однооборотный. в составе с таковым блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки - 2008. ОАО «СКБ СПА», г. Чебоксары.	МЭО-1600/10-0,25 РК 2008	2		
9а	Контроллер программируемый, логический, микропроцессорный, модульный, 20 вх/вых, интерфейс RS-485. ООО «Schneider Electric», г. Казань	TWDLMDA20DTK	1		
ФЮРА.421000.006 С01					
Исполнил	Борисова А.Г.	Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад	Лист	Листов
Проверил	Пискунов М.В.		РП	1	2
			ТПУ	ЭНИИ	
			Группа	5Б3В	

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол
1	2	3	4
1д, 2д	Нормирующий преобразователь НРТ-1, унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА, потребляемый ток 35 мА, НСХ — ХК, диапазон рабочих температур -40...+400 °С, класс точности 0,25, ООО «ОВЕН», г. Москва	НРТ-1	2
8д, 10д	Блок управления электродвигателем реверсивный, входной сигнал управления 24 ± 6 В, климатическое исполнение УХЛ 4.2.3А0 ООО «Волмаг», г. Чебоксары.	БЧЭРЗ-3-30	2

					ФЮРА.421000.006 С01			
Исполнил	Борисова А.Г.				Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад	Лист	Листов
Проверил	Пискунов М.В.					РП	2	2
						ТПУ		ЭНИИ
						Группа		553В

3 Схема взаимосвязи оборудования верхнего уровня и полевого

Автоматизированная система управления строится по трехуровневому принципу:

- верхний уровень;
- средний уровень;
- нижний уровень.

Основными функциями автоматизированной системы управления являются:

- сбор данных;
- обработка данных;
- хранение данных;
- предоставление отчетности.

АСУ должна быть организована по трехуровневому принципу, с минимизацией участия диспетчеров в технологическом процессе. Также оборудование системы регулирования должно иметь возможность архивации данных о состоянии технологического процесса.

Структурная схема автоматизированной системы управления температурой нагревательной камеры представлена на рисунке 3.1.

Верхний уровень АСУ является автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ). Оборудование АРМ-оператора предназначено для оперативного отражения состояний технологических объектов и оборудования комплекса на экране компьютера, а также предоставляет возможность дистанционного управления оборудованием и задания технологических уставок. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы.

АРМ объединяет программно-аппаратные средства, обеспечивающие взаимодействие человека с компьютером, предоставляет возможность ввода информации (через клавиатуру, компьютерную мышь, сканер и пр.) и её вывод

на экран монитора, принтер, графопостроитель, звуковую карту — динамики или иные устройства вывода. Как правило, АРМ является частью АСУ.

Нижний уровень представляет собой совокупность первичных средств измерения температуры, уровня и расхода, необходимого для контроля всех технологических параметров. Датчики расхода расположены на магистралях подачи исходной воды и топлива. Датчики температуры установлены непосредственно в нагревательной камере. Датчики уровня располагаются в баках конденсата и загрязнителей.

В виде щита автоматизации представлен средний уровень, он используется для взаимосвязи верхнего и нижнего уровней. Сигналы, поступающие с нижнего уровня, проходят через щит, а далее передаются на верхний уровень. Сигналы воздействия на электроприводы задвижек поступают непосредственно с АРМ.

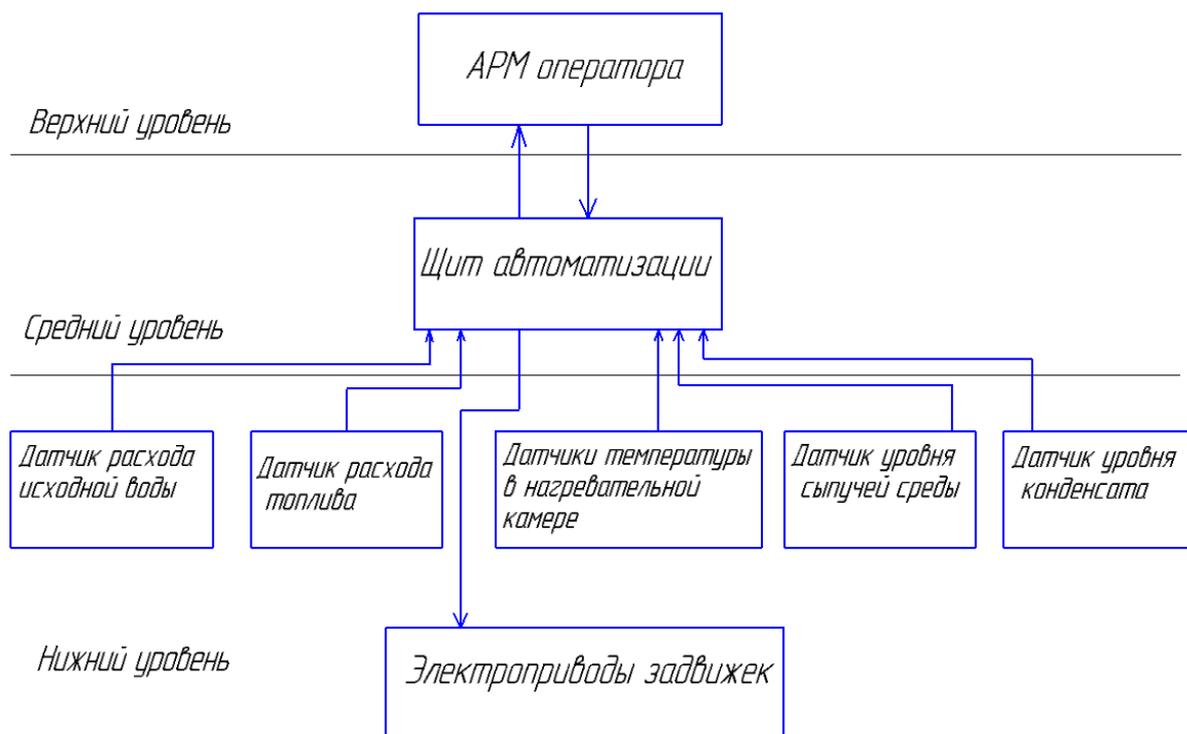


Рисунок 3.1 – Структурная схема автоматизированной системы регулирования температуры нагревательной камеры

4 Разработка щита управления АСУ температуры в нагревательной камере

4.1 Разработка принципиальной схемы АСУ температуры в нагревательной камере

В ходе дипломной работы была разработана электрическая принципиальная схема АСУ температуры в нагревательной камере. Принципиальная схема (полная) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает представление о принципах работы изделия. Служит для разработки других конструкторских документов, например, чертежей печатных плат, монтажных схем, а также изучения принципов работы изделия при его наладке и эксплуатации. Названия принципиальным электрическим схемам присваиваются в соответствии с функциональными принципами действия запроектированной системы. На данной схеме показана техническая линия термической очистки сточных вод, на которой показываются связи между датчиками, контроллером, БУЭР, МЭО и блоком питания.

Схема электрическая принципиальная АСУ температуры в нагревательной камере приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.006 ЭЗ.

Для однозначной записи в сокращенной форме сведений об элементах и устройствах применяются условно буквенные обозначения согласно ЕСКД ГОСТ 2.710-81. Прописные буквы, а также цифры латинского алфавита присвоены элементам схемы согласно их назначению.

Чтение принципиальных электрических схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схем производить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Для обозначения участков цепей принципиальных электрических схем применяются арабские цифры одного размера. Последовательность обозначений сверху вниз в направлении слева направо[35,36].

На принципиальной электрической схеме введены следующие обозначения:

V1, V6 – расходомеры;

V2, V3 – уровнемеры;

V4, V5 – термопары;

V6, V7 – нормирующие устройства;

G1 – блок питания;

A1, A3 – БУЭР;

A2 – контроллер;

M1, M2 – исполнительный механизм.

Электропитание МЭО осуществляется щитом питания напряжения 380 В, которое подходит из щита питания. ПЛК осуществляет питание из щита питания переменным напряжением 220 В.

Технические средства измерения такие как уровнемеры V2 и V3 и расходомеры V1 и V6 питаются от блока питания G1. А также преобразуют измеряемые величины в унифицированный сигнал, который поступает на аналоговые входы контроллера. Термoeлектрические преобразователи V4, V5 подключены к нормирующим устройствам V6, V7 и питание реализуется непосредственно от них, так как нормирующие устройства подключены к блоку питания G1.

Контроллер A2 обрабатывает информацию, полученную с датчиков V1 – V6. На основе алгоритмов формирует управляющий сигнал, который передается на блок управления A1 посредством цифрового интерфейса RS-485.

В соответствии с сигналами управления силовые ключи блока управления A1 коммутируют цепи нагрузки обмотки электродвигателя исполнительного механизма M1 и M2, обеспечивая его вращение в соответствующем направлении.

Сигнал обратной связи о положении регулирующего органа микроконтроллер А1 получает с исполнительного механизма, который подключен непосредственно к контроллеру А2 по трехпроводной схеме .

4.2 Разработка монтажной схемы АСУ температуры в нагревательной камере

Монтажные схемы служат для соединений аппаратов в пределах отдельно стоящих комплектных устройств и, как правило, выполняются на отдельном листе для каждой электроконструкции (шкаф, пульт, щит станций управления). Входящие в комплект ящики сопротивлений, понизительные трансформаторы, магнитные усилители и другие монтируются сзади щита на отдельных стеллажах и также относятся к монтажной схеме щита.

Каждому аппарату присваивают номер для обозначения адреса. Для изображения адреса над аппаратом чертят кружок диаметром 10 - 12 мм и делят его пополам. В верхней части кружка пишут порядковый номер аппарата, в нижней - его условное обозначение по элементной схеме. Так как наборная рейка состоит не больше чем из 15 зажимов, то каждой рейке можно присвоить отдельный адрес. Можно, однако, всем рейкам, расположенным с одной стороны, дать один общий для них номер - адрес. У аппаратов, предназначенных для коммутации только силовых цепей, в кружках проставляются только условные обозначения их по элементным схемам. Цифровой нумерации нет [35,36].

Зажимы каждого аппарата изображают кружками и на основании каталожных данных; если зажимы имеют порядковые номера, их вписывают в изображения зажимов. Над зажимами пишут маркировку по элементной схеме.

Если у аппарата имеется повторяющаяся (одинаковая) маркировка, относящаяся к разным приводам, перед каждой такой маркировкой

обязательно нужно проставлять номер привода, к которому эта маркировка относится.

Схема монтажная АСУ температуры в нагревательной камере представлена на втором листе с шифром ФЮРА.421000.006 Э4.

Монтажная документация, разрабатываемая в процессе проектирования систем автоматического регулирования, включает в себя:

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

Монтажные схемы показывают каким образом соединены между собой клеммы или выводы технических средств, расположенных:

- 1) на конструкции;
- 2) за пределами конструкций.

Для разработки монтажной документации используется следующая документация:

- 1) функциональная схема;
- 2) принципиальная электрическая схема;
- 3) техническая документация заводов-изготовителей средств автоматизации и других средств;
- 4) общие виды щитовых и других конструкций.

Контроллер 4в изображен условно сплошной линией в виде упрощенного контура с теми клеммами, которые используются. При входе в щит автоматизации установлен клеммный блок ХТ1, в который входят проводки, предающие унифицированный сигнал от:

- 1) двух термопар;
- 2) двух уровнемеров;
- 3) двух расходомеров.

Все вышеперечисленные технические средства подключаются в первую очередь к соединительной коробке КСК-18 с помощью кабеля КРВГ 4×1, а

далее собираются в единый кабель КРВБГ 14×1, который уже подключается в щит автоматизации. Также, в щите расположен клеммный блок питания 220 В ХТ2. Исполнительный механизм и пусковое устройство подключается с помощью кабеля КРВГ, сначала в клеммный блок ХТ1, а далее непосредственно в контроллер.

4.3 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ температуры в нагревательной камере

Щиты и шкафы систем автоматизации предназначены для применения в системах автоматизации технологических процессов и используются для управления исполнительными механизмами, обработки сигналов от удаленных датчиков и регистрации параметров технологических процессов.

По своему назначению в системе АСУ ТП, щиты и шкафы систем автоматизации выполняют управляющие, информационные и вспомогательные функции. Изготавливаются в виде металлических шкафов напольного исполнения и комплектуются аппаратурой на основании проектной документации заказчика[35,36].

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 шкафной, односекционный с задней дверью (ПШ-К).

Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей. Блоки, входящие в состав контроллера, рассчитаны на навесной монтаж, крепящийся на DIN-рейку. В

верхней части панели щита расположены сборки зажимов ХТ1, ХТ2. Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.006 ВО.

В разработанном щите располагаются МПК и сборки зажимов. От МПК идут провода к сборкам зажимов.

5 Расчет параметров настройки регулятора

5.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта – определение характеристик объекта и выявление приложенных к нему воздействий с помощью наблюдения за его входами и выходами и статистической обработки полученных данных.

Идентификация предназначена для получения математических моделей объекта управления. Существует активная и пассивная идентификация. В инженерной практике применяют активную идентификацию (на объект подается специализированное входное воздействие и по реакции объекта при обработке результатов получают математическую модель).

В данной работе для получения кривой разгона использовалась динамическая модель изменения температуры по времени в нагревательной камере. Кривая разгона представлена на рисунке 5.1.

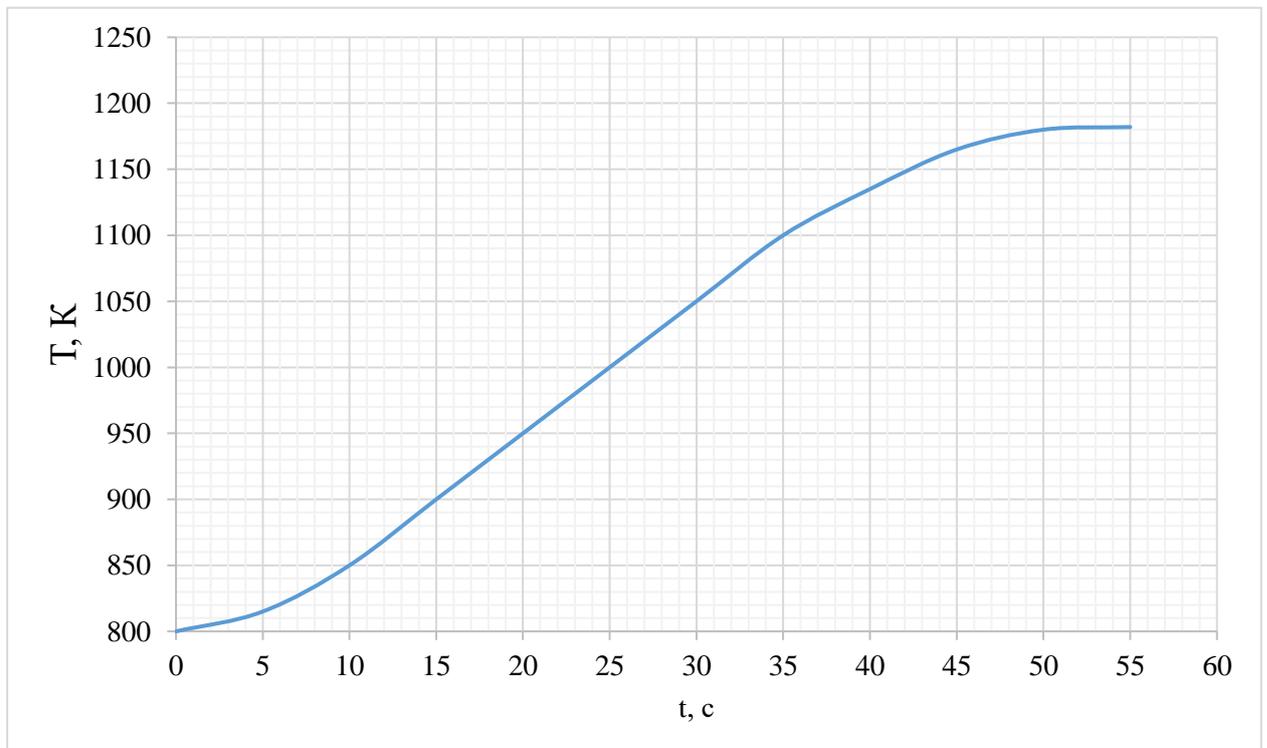


Рисунок 5.1.1 – Кривая разгона для объекта управления

Необходимо определить динамические параметры объекта управления: постоянная времени T ; запаздывание объекта τ , коэффициент передачи объекта k .

Для кривой разгона передаточная функция представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau}, \quad (5.1)$$

где k – коэффициент передачи объекта;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения 5.1.1 при нулевых начальных условиях представлено формулой 5.2.

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases} \quad (5.2)$$

Получаем два неизвестных значения: время запаздывания τ и постоянная времени T .

На кривой разгона строятся две точки А и В. Точка А определяется как $0,33k$, а точка В определяется как $0,7k$. Время запаздывания τ и постоянная времени T определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)}, \quad (5.3)$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)}. \quad (5.4)$$

где t_A и t_B – значения времени для точек А и В на кривой;

h_A и h_B – значения ординат для точек А и В на кривой.

Далее необходимо определить расположение точек А и В на кривой и найти необходимые параметры.

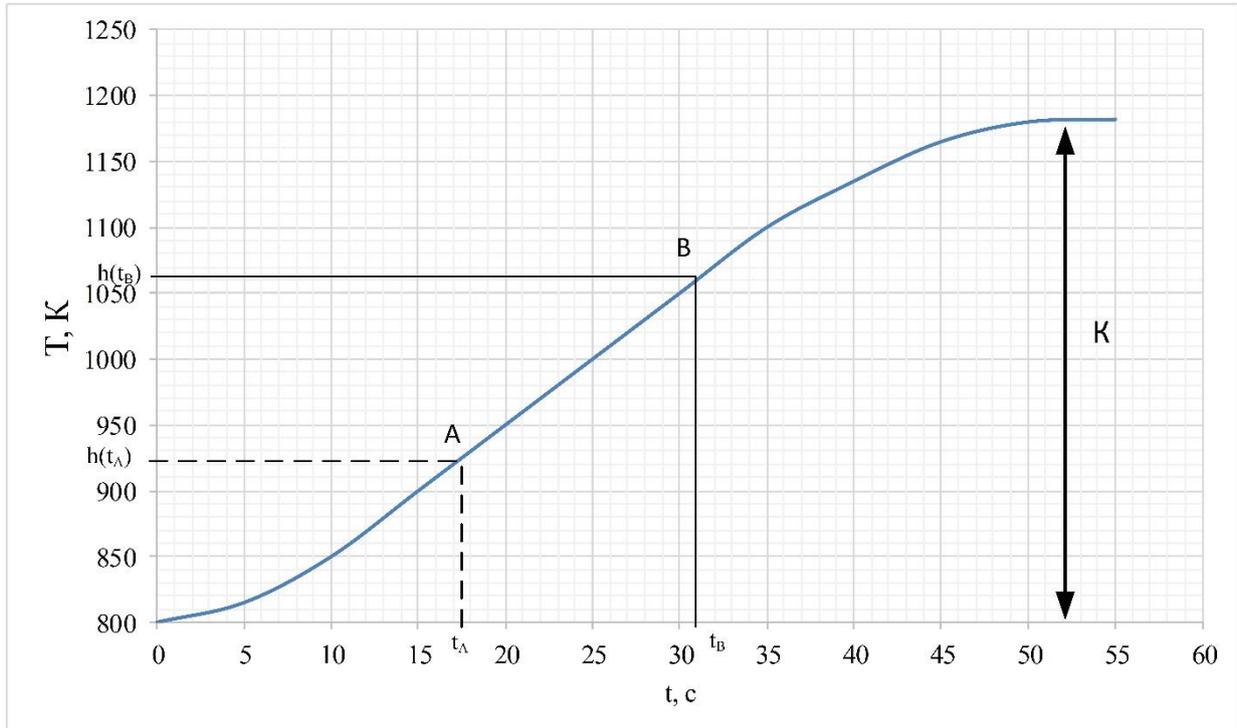


Рисунок 5.1.2 – Определение точек А и В на кривой разгона

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

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B), \quad (5.5)$$

$$T = 1,25(t_B - t_A). \quad (5.6)$$

Определяем значения t_A и t_B по кривой разгона и получаем:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 17,5 - 31) = 10,75 \text{ сек},$$

$$T = 1,25(31 - 17,5) = 16,88 \text{ сек}.$$

Передачная функция примет вид:

$$W(P) = \frac{382}{(16,88P+1)} e^{-10,75P}, \quad (5.7)$$

5.2 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора

Структурная схема системы регулирования представлена на рисунке 5.2.1.

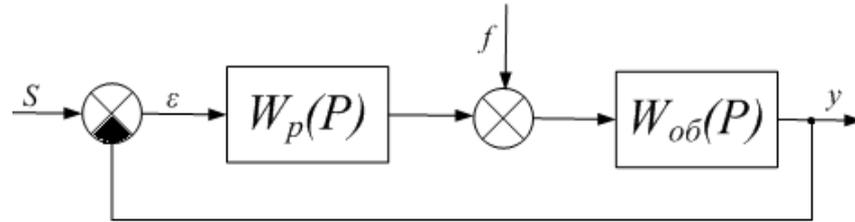


Рисунок 5.2.1 – Структурная схема системы регулирования

Требуемая степень затухания должна быть $\psi = 0,85$. Существует зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования ψ и степенью колебательности переходных процессов в заданной системе регулирования m . Можно определить значение заданной степени колебательности m по формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,85) = 0,302, \quad (5.8)$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{382}{(16,88P + 1)} e^{-10,75P}, \quad (5.9)$$

Далее необходимо определить расширенные частотные характеристики объекта регулирования (таблица 5.2.1). Расширенные частотные характеристики какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена $W(P)$ оператора $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ или $p = -\eta + i \cdot \omega$, в выражениях для оператора Лапласа, где ω – частота, c^{-1} . Расчётные формулы метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы m в пространстве параметров настройки регулятора.

Используя программу MathCad, предварительно задав начальное значение частоты $\omega = 0 \text{ c}^{-1}$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0,0005 \text{ c}^{-1}$, рассчитываются

расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega=0,01 \text{ с}^{-1}$.

Таблица 5.2.1 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

Частота $\omega, \text{ с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0.0009	383.71204	-9.57016	383.831
0.005	392.00026	-55.29817	395.881
0.0091	392.87821	-103.47717	406.277
0.0132	385.67263	-152.43325	414.704
0.0173	370.22052	-200.29633	420.93
0.0214	346.92498	-245.19802	424.828
0.0255	316.71987	-285.47948	426.392
0.0296	280.94906	-319.86256	425.728
0.0337	241.19124	-347.54878	423.041
0.0378	199.07293	-368.23437	418.601
0.0419	156.10851	-382.05324	412.716
0.046	113.59072	-389.47497	405.701
0.0501	72.53659	-391.18765	397.856
0.0542	33.68081	-387.98919	389.448
0.0583	-2.49878	-380.70049	380.709
0.0624	-35.73837	-370.10483	371.826
0.0665	-65.94022	-356.91131	362.952
0.0706	-93.12736	-341.7376	354.2
0.0747	-117.40479	-325.10597	345.656
0.0788	-138.92867	-307.44792	337.38
0.0829	-157.88318	-289.11324	329.414
0.087	-174.464	-270.38111	321.782
0.0911	-188.86703	-251.47128	314.497
0.0952	-201.2812	-232.55457	307.564

Продолжение таблицы 5.2.1

0.0993	-211.88416	-213.76223	300.98
0.1034	-220.84005	-195.19381	294.739
0.1075	-228.29864	-176.92383	288.829
0.1116	-234.39544	-159.00724	283.239
0.1157	-239.25225	-141.48374	277.956
0.1198	-242.97812	-124.38133	272.964
0.1239	-245.67047	-107.71908	268.249
0.128	-247.41617	-91.50932	263.797
0.1321	-248.29269	-75.75934	259.593
0.1362	-248.36917	-60.47274	255.625
0.1403	-247.70738	-45.65044	251.879
0.1444	-246.36261	-31.29148	248.342
0.1485	-244.38451	-17.39365	245.003
0.1526	-241.81778	-3.9539	241.85
0.1567	-238.7028	9.03126	238.874
0.1608	-235.07621	21.56556	236.063
0.1649	-230.97141	33.65273	233.41
0.169	-226.41896	45.2964	230.905
0.1731	-221.44698	56.50002	228.541
0.1772	-216.08148	67.26676	226.31
0.1813	-210.34666	77.59952	224.204
0.1854	-204.26512	87.50088	222.218
0.1895	-197.85813	96.97313	220.344
0.1936	-191.14579	106.01823	218.579
0.1977	-184.14719	114.63791	216.915

Далее необходимо рассчитать параметры настройки ПИ-регулятора. ПИ-регулятор является наиболее распространенным на практике, который обладает следующими достоинствами:

- обеспечивает нулевую статическую ошибку регулирования;
- достаточно прост в настройке, т. к. настраиваются только два параметра, а именно коэффициент усиления K_p и постоянная интегрирования T_i ; обеспечивает управление с минимально возможной среднеквадратичной ошибкой регулирования;
- малая чувствительность к шумам в канале измерения (в отличие от ПИД-регулятора).

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются по формулам:

$$\frac{K_p}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}, \quad (5.10)$$

$$K_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega) + \text{Re}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)}, \quad (5.11)$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 0,2 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$, необходимо определить настройки регулятора $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p в заданном диапазоне частот. Результаты расчётов сведём в таблицу 5.2.2.

Таблица 5.2.2 – Результаты расчёта настройки ПИ - регулятора

$\omega, \text{ с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0.0009	6.37950433e-8	-0.00258
0.005	0.00000193	-0.00239
0.0091	0.00000623	-0.00219
0.0132	0.00001277	-0.00197
0.0173	0.00002134	-0.00175
0.0214	0.00003173	-0.00151
0.0255	0.00004369	-0.00127
0.0296	0.000057	-0.00102
0.0337	0.00007141	-0.00076

Продолжение таблицы 5.2.2

0.0378	0.00008668	-0.0005
0.0419	0.00010255	-0.00024
0.046	0.00011878	2.4489e-5
0.0501	0.00013511	0.00029
0.0542	0.0001513	0.00055
0.0583	0.0001671	0.00081
0.0624	0.00018228	0.00107
0.0665	0.0001966	0.00132
0.0706	0.00020985	0.00156
0.0747	0.0002218	0.0018
0.0788	0.00023225	0.00204
0.0829	0.00024102	0.00226
0.087	0.0002479	0.00247
0.0911	0.00025274	0.00268
0.0952	0.00025539	0.00287
0.0993	0.00025569	0.00305
0.1034	0.00025352	0.00322
0.1075	0.00024878	0.00338
0.1116	0.00024137	0.00352
0.1157	0.0002312	0.00365
0.1198	0.00021823	0.00377
0.1239	0.00020239	0.00387
0.128	0.00018367	0.00395
0.1321	0.00016205	0.00402
0.1362	0.00013754	0.00408
0.1403	0.00011016	0.00412
0.1444	0.00007995	0.00415
0.1485	0.00004695	0.00416
0.1526	0.00001126	0.00415
0.1567	-0.00002706	0.00414
0.1608	-0.0000679	0.0041
0.1649	-0.00011115	0.00405
0.169	-0.00015667	0.00399
0.1731	-0.00020433	0.00391
0.1772	-0.00025396	0.00382
0.1813	-0.00030541	0.00372
0.1854	-0.00035849	0.0036
0.1895	-0.00041301	0.00347
0.1936	-0.00046879	0.00333
0.1977	-0.00052561	0.00318

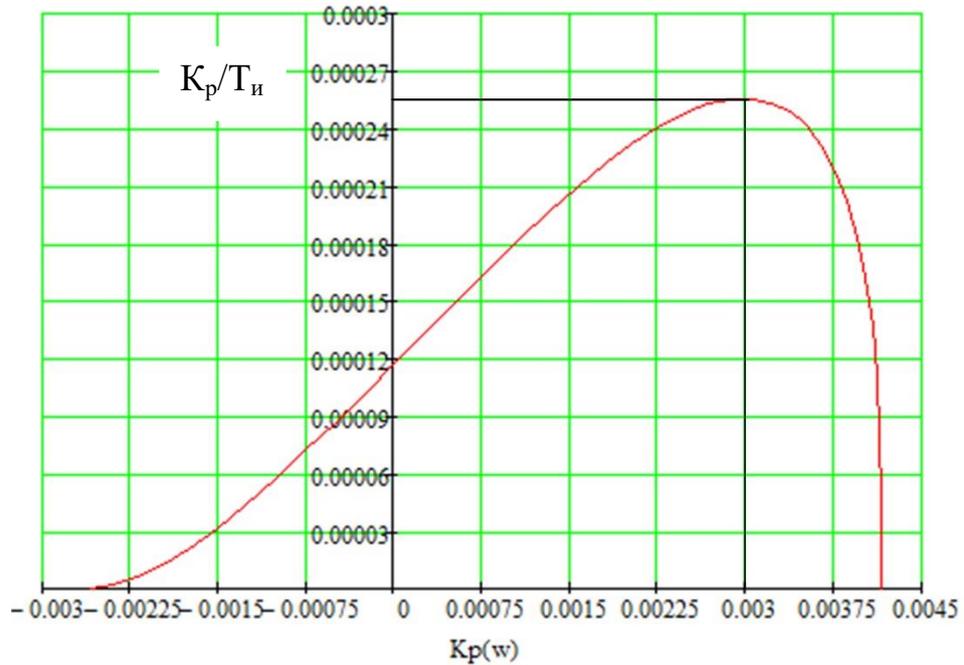


Рисунок 5.2.3 – Область параметров настройки ПИ – регулятора

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

Из таблицы 5.2.2 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_u} \right) = 0.00025569, \quad K_p = 0.00305, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0.0993 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p/T_u} = 11,93 \quad (5.12)$$

Произведем оценку качества переходного процесса 25в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (5.13)$$

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 5.2.4 представлен график вещественной частотной характеристики.

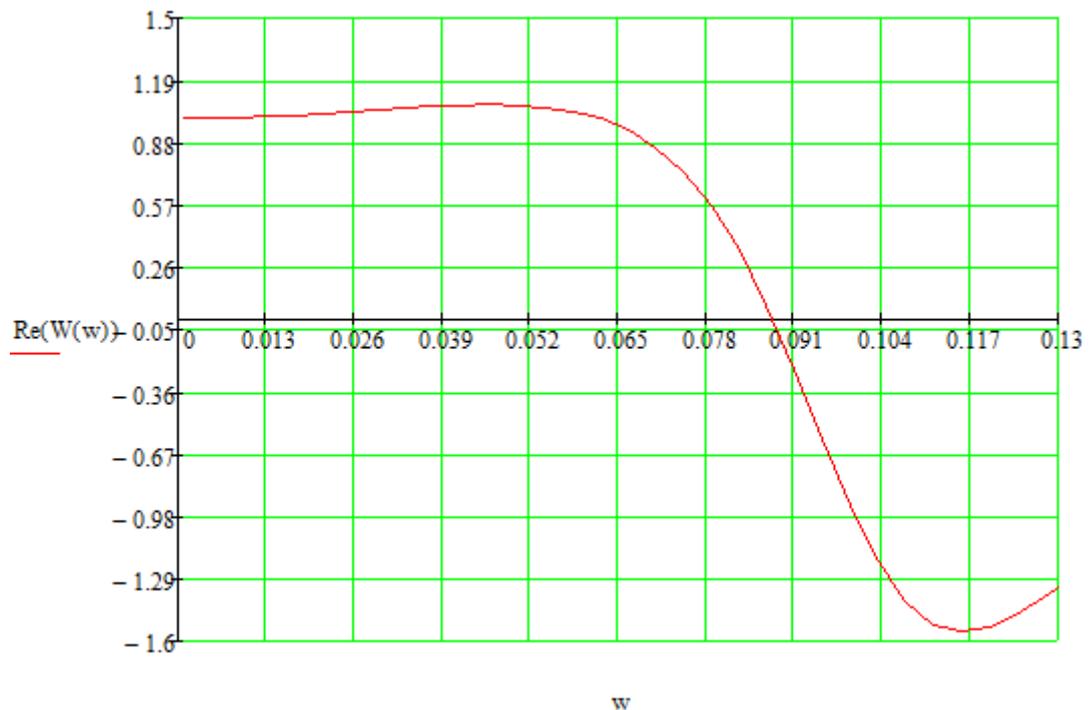


Рисунок 5.2.4 – Графическое представление вещественно частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественно частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega , \quad (5.14)$$

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

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется число, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 5.2.4 определяем это значение.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,0875} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (5.15)$$

На рисунке 5.2.5 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 предъявленным требованиям, при наложенных к системе ограничениях.

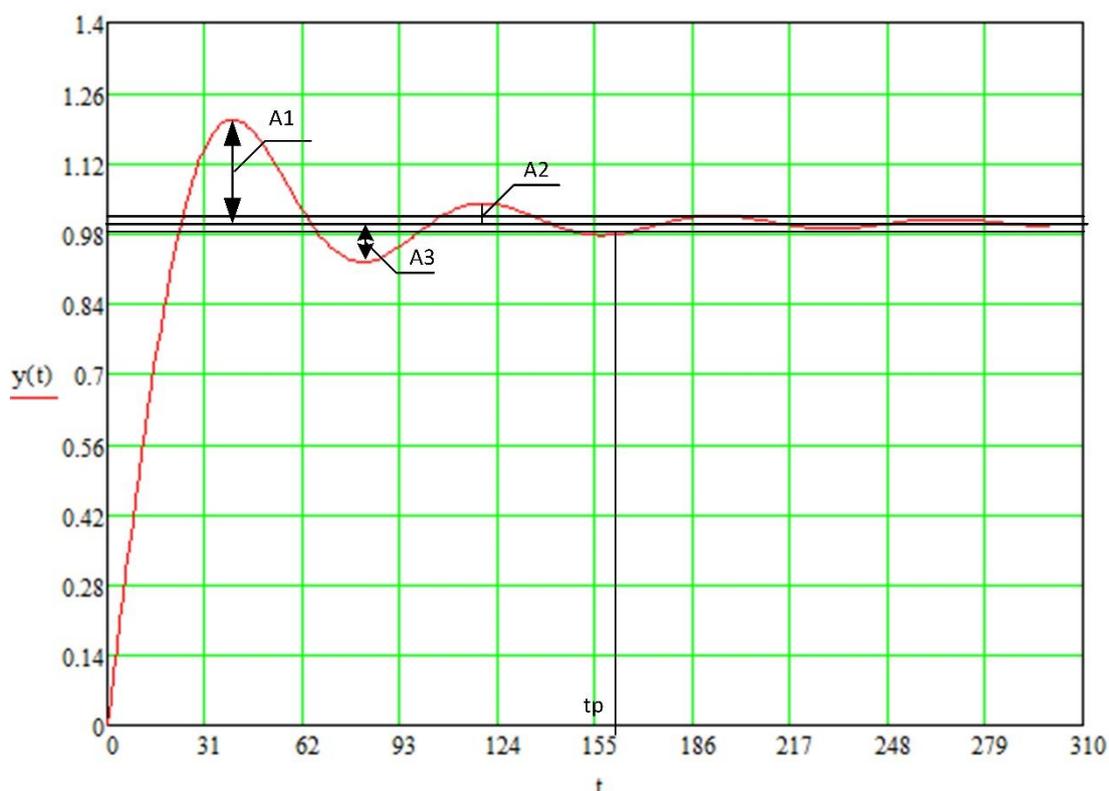


Рисунок 5.2.5- Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

Используя график 5.2.5, определяются прямые оценки качества:

а) Максимальная динамическая ошибка: $A_1=0,21$.

б) Перерегулирование: $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100\% = \frac{0,09}{0,21} \cdot 100\% = 42,86\%$,

где $A_3 = 0,07$ - первое минимальное отклонение регулируемой величины.

в) Динамический коэффициент регулирования R_d :

$$R_{\text{л}} = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100\% = \frac{0,21+1}{382} \cdot 100\% = 0,32\% ,$$

где $K_{об} = 382$ - коэффициент передачи объекта.

г) Степень затухания переходного процесса: $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,03}{0,21} = 0,86 ,$

где $A_2 = 0,03$ - второй максимальный выброс регулируемой величины.

д) Статическая ошибка: $\varepsilon_{СТ} = y(\infty) = 0 .$

е) Время регулирования: $t_p = 160$ с.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БЗВ	Борисовой Анастасии Геннадьевне

Институт	ЭНИН	Кафедра	АТП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Цена 1 кВт·ч электроэнергии составляет 3,1 руб.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисление в социальные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БЗВ	Борисова Анастасия Геннадьевна		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является оценка и обоснование целесообразности выполнения данного проекта.

Для выполнения данной задачи необходимо выполнить:

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

6.1 Перечень работ и оценка времени выполнения

Время работы — это часть рабочего времени, в течение которого работник выполняет определенную работу в соответствии с распоряжением руководства или согласно должностной инструкции. В таблице 7.1 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения. В качестве исполнителей представлены инженер и научный руководитель.

Таблица 6.1.1 – Перечень работ и оценка их выполнения

№ п/п	Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
1	Получение задания	Инженер	1
		Научный руководитель	1
2	Обзор мировых работ, связанных с водоподготовкой	Инженер	5
3	Проведение экспериментальных исследований, направленных на увеличение эффективности установок	Инженер	30
		Научный руководитель	8

Продолжение таблицы 6.1.1

4	Анализ результатов исследования	Инженер	8
5	Разработка функциональной, структурной схемы и подбор оборудование	Инженер	15
6	Разработка щита управления САУ	Инженер	8
7	Разработка схемы взаимодействия уровней управления	Инженер	1
8	Проектирование мнемосхемы	Инженер	6
9	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	6
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	7
11	Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	10
Итого		Инженер	97
		Научный руководитель	9

Календарное планирование в управлении проектами – это ключевой и важный процесс, результатом которого является утвержденный руководством компании календарный план проекта. Цель календарного планирования – получить точное и полное расписание проекта с учетом работ, их длительностей, необходимых ресурсов, которое служит основой для исполнения проекта.

На рисунке 6.1.1 представлен график проведения проекта, который составлен по данным таблицам 6.1.1

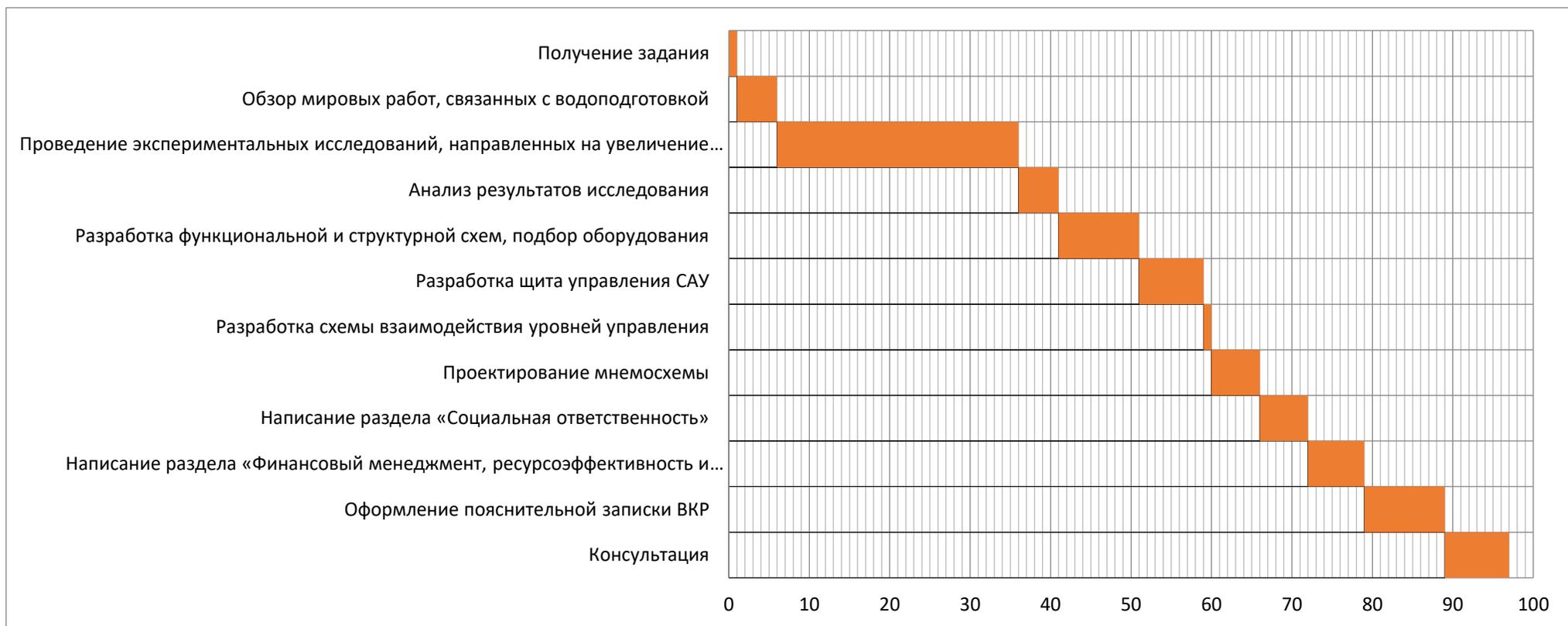


Рисунок 6.1.1 – График проведения проекта

6.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнения проекта рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \text{руб}, \quad (6.1)$$

где $K_{\text{мат}}$ - материальные затраты;

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

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

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

$K_{\text{пр}}$ - прочие затраты;

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

6.2.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары. Величину этих затрат принимаем 1000 руб.

6.2.2 Затраты на амортизацию

Амортизацию оборудования в классическом понимании, можно назвать постепенным переносом стоимости основной части финансов организации и ее активов нематериального значения по уровню их морального и физического износа на итоговую цену выпускаемых товаров.

Амортизация компьютерной техники рассчитывается как:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{руб./год}, \quad (6.2)$$

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

$T_{\text{кал}}$ - календарное время;

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

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

$$K_{ам} = \frac{95}{365} \cdot 20000 \cdot \frac{1}{5} = 1041,1 \text{ руб./год.}$$

6.2.3 Затраты на заработную плату

Зарботная плата – это вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера.

Затраты на заработную плату рассчитываются как:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi} \text{руб,} \quad (6.3)$$

где $ЗП_{инж}^{\phi}$ - фактическая заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^{\phi}$ - заработная плата научного руководителя.

Месячный оклад:

$$ЗП_{инж}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб;}$$

$$ЗП_{нр}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб,}$$

где $ЗП_{инж}^м$ - месячная заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^м$ - месячная заработная плата научного руководителя;

$ЗП_0$ - месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 17000 руб.);

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 - районный коэффициент, равен 1,3 (10%).

Фактическая заработная плата:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi} \text{руб,} \quad (6.4)$$

где $ЗП_{мес}$ - месячная заработная плата;

21 - среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} - фактическое число дней в проекте.

$$\text{Инженер: } ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{17000}{21} \cdot 97 = 78523,8 \text{ руб.}$$

$$\text{Научный руководитель } ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{17000}{21} \cdot 9 = 7285,7 \text{ руб.}$$

$$K_{з/пл} = 78523,8 + 7285,7 = 85809,5 \text{ руб.}$$

6.2.4 Затраты на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды - обязательные отчисления по нормам, установленным законодательством государственного социального страхования, в Фонд социального страхования РФ, Пенсионный фонд РФ, фонды обязательного медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг), по элементу «Затраты на оплату труда» (кроме тех видов оплаты, на которые страховые взносы не начисляются).

Плательщиками страховых взносов являются:

- 1) организации;
- 2) индивидуальные предприниматели;
- 3) физические лица.

Затраты на социальные нужды принимаются как 30 % от затрат на заработную плату.

$$K_{соц/н} = K_{з/пл} \cdot 0,3, \quad (6.5)$$

$$K_{соц/н} = 85809,5 \cdot 0,3 = 25742,9 \text{ руб.}$$

6.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{пр} = (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{соц/н}) \cdot 0,1, \quad (6.6)$$

$$K_{пр} = (1000 + 1041,1 + 85809,5 + 25742,9) \cdot 0,1 = 11359,4 \text{ руб.}$$

6.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на хозяйственное обслуживание производства и управление предприятием, являющиеся дополнительными к основным затратам и наряду с ними включаемые в издержки производства.

Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2, \quad (6.7)$$

$$K_{\text{накл}} = 85809,5 \cdot 2 = 171619 \text{ руб.}$$

В таблице 6.2.6.1 представлена смета затрат на проект.

Таблица 6.2.6.1 – Смета затрат на проект

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Материальные затраты	1000
2	Амортизация компьютерной техники	1041,1
3	Затраты на заработную плату	85809,5
4	Затраты на социальные нужды	25742,9
5	Прочие затраты	11359,4
6	Накладные расходы	171619
Итого:		296571,9

6.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

В таблице 6.3 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 6.3.1 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
1	ПЛК TWDLMDA20DTK	26015	1
2	Блок питания	4100	2

Продолжение таблицы 6.3.1

3	Датчики температуры	5100	2
4	Датчики уровня	300000	2
5	Расходомер	84000	2
6	Исполнительный механизм	40000	2
7	Блок управления	20000	1
8	Провод ПВС 1x1,0	80	1
9	Провод ПВС 4x1	250	1
10	Провод КРВГ 7x1	1580	1
11	Провод КРВГ 14x1	2600	1
12	Провод АКРВБГ 4x2.5	3500	1
13	Компьютер	20000	1
14	Нормирующее устройство	6726	2
	Итого	513951	20

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

$$I_{\text{монт}} = 0,2 \cdot I_{\text{обор}} \text{ руб,} \quad (6.8)$$

где $I_{\text{обор}}$ - затраты на оборудование.

$$I_{\text{монт}} = 0,2 \cdot 513951 = 102790,2 \text{ руб.}$$

Очистка сточных вод - комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах перед выпуском их в водоёмы. Очистка сточных вод осуществляется на специальных очистных сооружениях. В дипломной работе было подобрано оборудование для выпарного аппарата, непосредственно в котором и происходит очистка воды. Новое оборудование повышает надежность существующей установки, минимизирует аварийные ситуации, а также, повышает время эксплуатации всей установки.