

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

---

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

---

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Автоматизированная система регулирования температуры воды водооборотного цикла производства смол</b>

УДК 681.51:626.824.536.5:678.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Суворова Александра Витальевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения социально- гуманитарных наук	Кузьмина Наталья Геннадьевна	старший преподаватель		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения контроля и диагностики	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2018 г.

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

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

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

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

---

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в  
теплоэнергетике и теплотехнике

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель профиля ООП

\_\_\_\_\_ Стрижак П.А.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4В	Суворовой Александре Витальевне

Тема работы:

Автоматизированная система регулирования температуры воды водооборотного цикла  
производства смол

Утверждена приказом директора (дата, номер)

571/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2018

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом проектирования является водооборотная система производства смол. Необходимо изучить принцип действия градирни с водосборным бассейном. Разработать АСР температуры воды. При разработке системы регулирования температуры воды предусмотреть использование программно-логического контроллера для реализации функции контроля и своевременной подачи воды с заданной температурой.
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Описание технологического объекта автоматизации 2. Разработка АСР температуры воды 3. Схема взаимосвязи оборудования верхнего и полевого уровней 4. Расчет надежности системы регулирования 5. Программная часть разработки АСР температуры воды 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность
<b>Перечень графического материала</b>	1. Схема структурная 2. Схема функциональная 3. Схема принципиальная электрическая щита управления 4. Схема монтажная 5. Общий вид щита автоматизации
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Наталия Геннадьевна, старший преподаватель отделения социально-гуманитарных наук
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович, доцент отделения контроля и диагностики

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.02.2018
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Суворова Александра Витальевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 91 с., 20 рис., 17 табл., 38 источников.

Ключевые слова: водооборотный цикл, производство смол, температура прямой оборотной воды, автоматизированная система регулирования, средства автоматизации, охлаждение воды, вероятность безотказной работы, разработка алгоритма.

Объектом автоматизации является водооборотная система.

Цель работы – разработка автоматизированной системы регулирования прямой оборотной температуры воды водооборотной системы производства смол на основе микропроцессорных средств автоматизации.

В процессе выполнения работы проводились выбор структурной схемы, анализ объекта автоматизации, расчет надежности системы, разработка алгоритма управления. Также выполнена разработка функциональной, принципиальной электрической и монтажной схем. Произведен выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации.

В результате выполнения работы разработана автоматизированная система регулирования температуры прямой оборотной воды водооборотного цикла производства смол на основе микропроцессорных средств автоматизации.

## Оглавление

Введение.....	9
1 Описание технологического объекта автоматизации .....	10
1.1 Современные водооборотные системы предприятий .....	10
1.2 Особенности автоматизации водооборотных систем .....	10
1.3 Оборудование и теплотехнические процессы охлаждения оборотной воды .....	12
1.4 Описание автоматизированной системы регулирования температуры воды .....	15
2 Разработка АСР температуры воды .....	17
2.1 Выбор структуры АСР топливоподачи .....	17
2.2 Разработка функциональной схемы АСР температуры воды .....	19
2.3 Выбор технических средств АСР температуры воды .....	21
2.3.1 Выбор датчиков температуры .....	22
2.3.2 Выбор регулирующего устройства .....	24
2.3.3 Выбор регулирующего органа.....	27
2.4 Проектирование принципиальной схемы АСР температуры воды.....	29
2.5 Проектирование монтажной схемы АСР температуры воды .....	31
2.6 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСР .....	34
3 Схема взаимосвязи оборудования верхнего и полевого уровней .....	37
4 Расчет надежности системы регулирования .....	39
4.1 Расчет вероятности безотказной работы для всех элементов системы..	40
4.2 Резервирование.....	42
5 Программная часть разработки АСР температуры воды.....	47
5.1 Разработка программного кода.....	47
5.2 Работа с виртуальным контроллером CODESYS .....	49
5.3 Вывод переменных из CODESYS в MasterSCADA .....	51
5.4 Разработка мнемосхемы .....	52
5.5 Проверка функционирования программы.....	54
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	59

6.1	Планирование работ и оценка времени выполнения .....	59
6.2	Смета затрат на проект .....	61
6.2.1	Материальные затраты .....	61
6.2.2	Затраты на амортизацию .....	61
6.2.3	Затраты на заработную плату .....	62
6.2.4	Затраты на социальные нужды .....	63
6.2.5	Прочие затраты .....	64
6.2.6	Накладные расходы .....	64
6.3	Смета затрат на оборудование и монтажные работы.....	65
6.4	Расчет годовых эксплуатационных издержек.....	65
6.5	Расчет экономической эффективности .....	67
7	Социальная ответственность .....	70
	Введение.....	70
7.1	Производственная безопасность .....	71
7.1.1	Шум и вибрации.....	71
7.1.2	Микроклиматические условия рабочей зоны .....	73
7.1.3	Освещение .....	74
7.1.4	Электробезопасность.....	75
7.1.5	Пожаробезопасность .....	76
7.2	Экологическая безопасность.....	77
7.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	79
7.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	82
7.5	Заключение по разделу «Социальная ответственность» .....	83
	Заключение .....	85
	Список использованных источников .....	86
	Приложение А Заказная спецификация приборов и средств автоматизации.	91

Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.011 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.011 Э3	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.011 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.011 ВО	Общий вид щита автоматизации

## Введение

На сегодняшний день во всех энергетических отраслях уже используют оборудование, которое для непрерывности работы требует постоянное охлаждения. К такому оборудованию относят: компрессоры, паровые турбины, печи, обмотки генераторов и другие. Поэтому предпочтительнее стало использовать водооборотные системы (ВОС) с градирнями, которые отводят низкопотенциальное тепло от промышленных агрегатов до 85%. Такие системы являются эффективными, экономическими и экологическими. ВОС имеют возможность автоматической оптимизации параметров всего технологического предприятия [1].

Водооборотный цикл производства состоит из ВОС производства смол.

Важный регулируемый параметр качества процесса производства смол – температура выпускаемой продукции, которая регулируется только ее охлаждением.

Смолы опасно кипятить в бакелизаторе до помутнения и до ясного разделения на два слоя, так как процесс экзотермической реакции, идущий при конденсации смолы, остановить трудно. Это может привести к тому, что смола будет иметь резинообразную консистенцию, и образование ее в бакелизаторе приводит к браку всей партии и выводит из строя бакелизатор. По этой причине варку смолы до помутнения можно вести только в таких котлах, в которых представляется возможным производить быстрое и интенсивное охлаждение водой [2].

В данной работе спроектирована автоматическая система регулирования (АСР) температуры прямой оборотной воды. Для разработки системы был произведен аналитический обзор технологии объекта, структуры автоматизации, технических средств автоматизации.

## 1 Описание технологического объекта автоматизации

### 1.1 Современные водооборотные системы предприятий

Для подачи воды на производство с определенными параметрами, с требуемым количеством и соответствующего качества в промышленности имеют широкое применение водооборотные системы.

Водооборотная система – это система многократного использования воды, которую очищают и охлаждают, а затем используют на этом же производственном объекте. Такая вода носит название оборотная или же циркуляционная [3].

В комплекс взаимосвязанных сооружений этой системы входят:

- водозаборные устройства;
- насосные станции;
- водовод;
- установка очистки;
- охладители воды;
- регулирующие емкости;
- разводящие сети трубопроводов.

### 1.2 Особенности автоматизации водооборотных систем

Водооборотная система производства смол включает в себя:

- промышленное потребление, которое использует оборотную воду для охлаждения рабочей среды;
- для обеспечения циркуляции воды в системе использование насосных станций с системой водоподготовки;
- охладительные установки (градирни).

Применение автоматической системы регулирования водооборотных циклов целесообразно для повышения эффективности технологического процесса охлаждения воды и обеспечения в периоды пониженной нагрузки на охладительные установки.

Автоматизация технологического процесса охлаждения воды бывает:

- частичной, т.е. в нее входят функции частотного регулирования, дистанционного управления;
- полной, т.е. автоматическое регулирование происходит без участия человека.

Частичная автоматизация технологического процесса предполагает использование программируемого логического контроллера, который в свою очередь обеспечивает:

- функцию сбора данных;
- выработку управляющих воздействий;
- поддержку оптимального режима для минимизации энергетических затрат на использование энергопотребляющего оборудования таких как насосы, вентиляторы.
- диагностику неисправностей частей системы: теплотехнических и электромеханических.

Полная автоматизация технологического процесса предлагает:

- мероприятия по переоборудованию технологического процесса устройствами для защиты или диагностики;
- смена на новые исполнительные механизмы, позволяющие проводить диагностику и управление в реальном времени без участия человека.

Полная автоматизация технологического процесса предполагает использование программируемого логического контроллера, который связан с верхним уровнем системы и в свою очередь обеспечивает:

- автоматическое управление всем процессом;

- передачу значений измеренных величин на автоматизированное рабочее место диспетчеров;
- защищенность и блокирование оборудования и исполнительных механизмов;
- сигнализацию: предупредительную и аварийную.

Полная автоматизация связана с реализацией функций регулирования, диагностики и управления, позволяющая добиться высоких показателей эффективности производства охлажденной воды, снижение затрат электроэнергии, увеличение срока службы оборудования и повышение безопасности технологического процесса [4].

### 1.3 Оборудование и теплотехнические процессы охлаждения оборотной воды

Градирня – это устройство для испарительного и теплообменного охлаждения воды атмосферным воздухом. Она применяется практически во всех отраслях промышленности, но особое применение имеет в энергетике, химии, нефтепереработке. Составляющие конструкции градирен (вентиляторы, жалюзи и т.д.) являются охлаждающей способностью в условиях изменения охлаждения от природных и технологических влияний [5].

Существуют следующие типы градирен:

- вентиляторные;
- башенные;
- открытые;
- эжекторные;
- радиаторные.

Наиболее распространенным типом охладительных водооборотных систем являются вентиляторные градирни.

При помощи системы оборотной воды с вентиляторными градирнями окончательное снижение температуры воды производится до 25-30 °С. Это самый дешевый способ в наши дни, который позволяет отводить тепло от промышленных аппаратов с помощью вентиляторной градирни с экономией более 95% свежей воды [6].

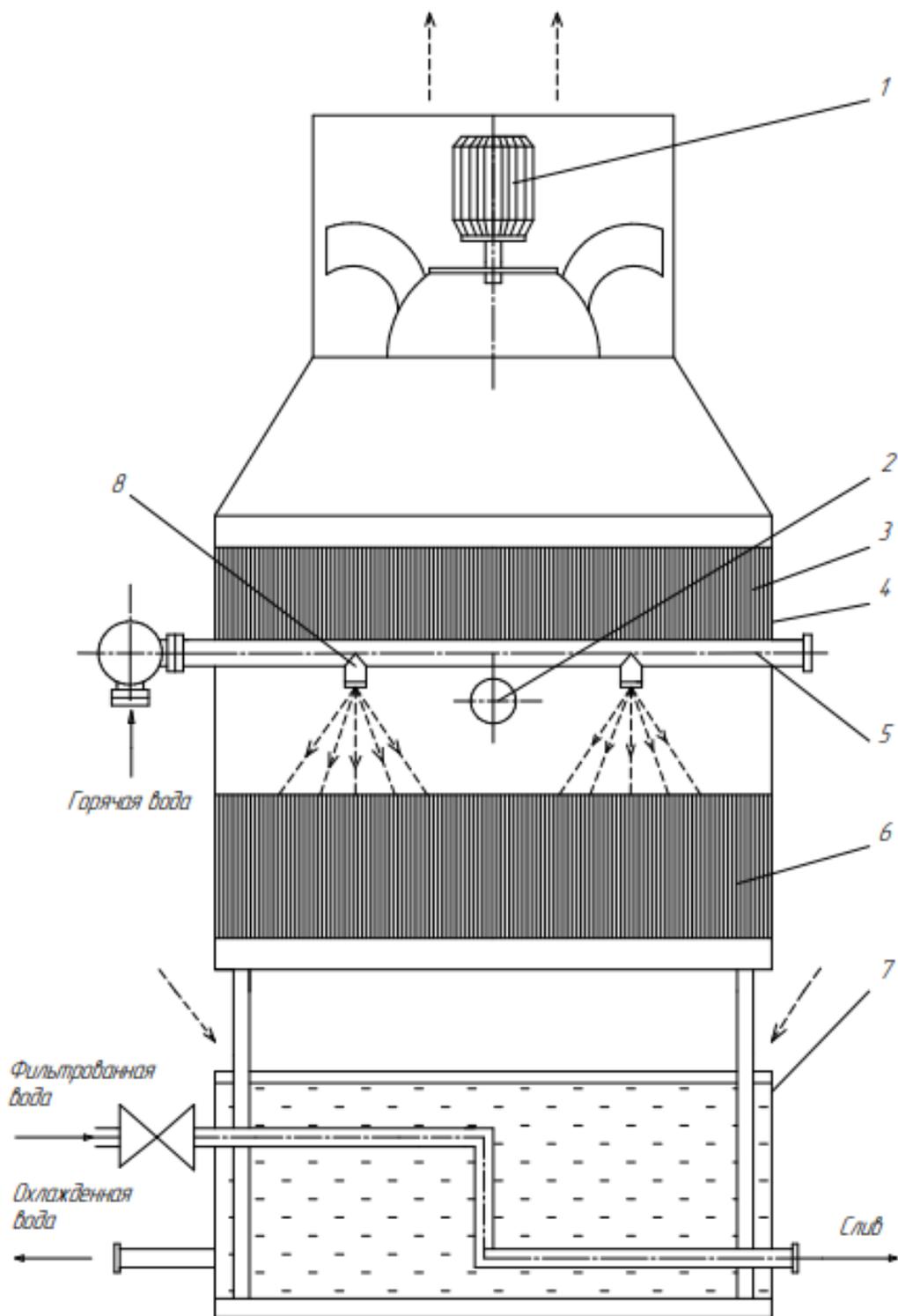


Рисунок 1.1 – Конструкция вентиляторной градирни:

- 1 – электроventильатор;
- 2 – смотровое окно;
- 3 – каплеотбойный слой;
- 4 – корпус;
- 5 – водораспределительное устройство;
- 6 – орошаемые насадки;
- 7 – водосборный бак;
- 8 – форсунка.

Условия эксплуатации:

- предельное рабочее значение температуры воздуха от +45°C до - 60°C;
- относительная влажность воздуха 80 % при 20°C в теплый и влажный период;
- предельное значение температуры воды передаваемое на охлаждение в градирню не более 60 °C;
- техническая вода проходит предварительную очистку, рН = 6 – 8 [7].

В градирню через водораспределительное устройство поступает обратная вода, через форсунки разбрызгивается и охлаждается в оросителях до  $t = 25...30$  °C с помощью электроventильатора.

Работающая градирня выбрасывает в атмосферу воздух, в котором присутствуют мелкие капли воды, вследствие чего имеет место капельный унос влаги из градирни. Каплеотбойный слой предназначен для того, чтобы задерживать влагу, возвращая её обратно в градирню, и позволяет снизить капельный унос воды до 0,005% от расхода градирни.

Корпус градирни изготовлен из стеклопластика. Стеклопластик (стекловолоконная армированная пластмасса) изготавливается путем укладки стекловолокна слоями и формовки слоев с помощью смол. Стеклопластик, состоящий из стекловолокна с высокой прочностью на разрыв, обладает

достаточной конструкционной прочностью для противостояния высоким скоростям ветра, толчкам и вибрации [7].

Охлаждение воды происходит за счет передачи тепла атмосферному воздуху при помощи поверхностного испарения воды и теплоотдачи соприкосновением, т. е. таких процессов как теплопроводности и конвекции.

Стоит отметить, что температура охлажденной воды в градирнях значительно влияет на оптимальную работу всего технологического процесса. Например, недоохлаждение воды расчетной температуры приводит к снижению долговечности работы агрегатов или объемом в выработки продукции, а переохлаждение – к ухудшению ее качества и перерасходу энергии, а иногда к нарушению технологического процесса [6].

#### 1.4 Описание автоматизированной системы регулирования температуры воды

Водооборотная система производства смол с узлом подготовки воды состоит из насосной станции водооборотной системы производства смол и насосной реагентной подготовки фильтрованной артезианской воды.

Здание примыкает к водосборному бассейну градирни водооборотной системы.

В узле подготовки речной воды поступает речная вода, которая проходит механическую очистку в фильтре. Фильтрованная речная вода заготавливается в двух ёмкостях, в одной из которой она подогревается насыщенным паром до необходимой температуры, а в другой – охлаждается. Расчетная температура речной воды в летний период 15 °С, в зимний – 5 °С. Далее одна из накопительных емкостей узла подготовки подает воду по трубопроводу в водосборный бассейн с той температурой, которая необходима для поддержания температуры воды на вход в цех.

Водооборотный блок запроектирован на обеспечение температуры прямой воды на входе в цех производства смол не более 25 °С, а на выходе не менее 40 °С.

Основная функция узла подготовки воды является своевременная подача фильтрованной воды для поддержания заданной температуры 25 °С на вход в цех.

Задача регулирования технологического процесса водооборотной системы производства получения смол, сводится к тому, чтобы поддержать температуру оборотной прямой воды (не более 25 °С).

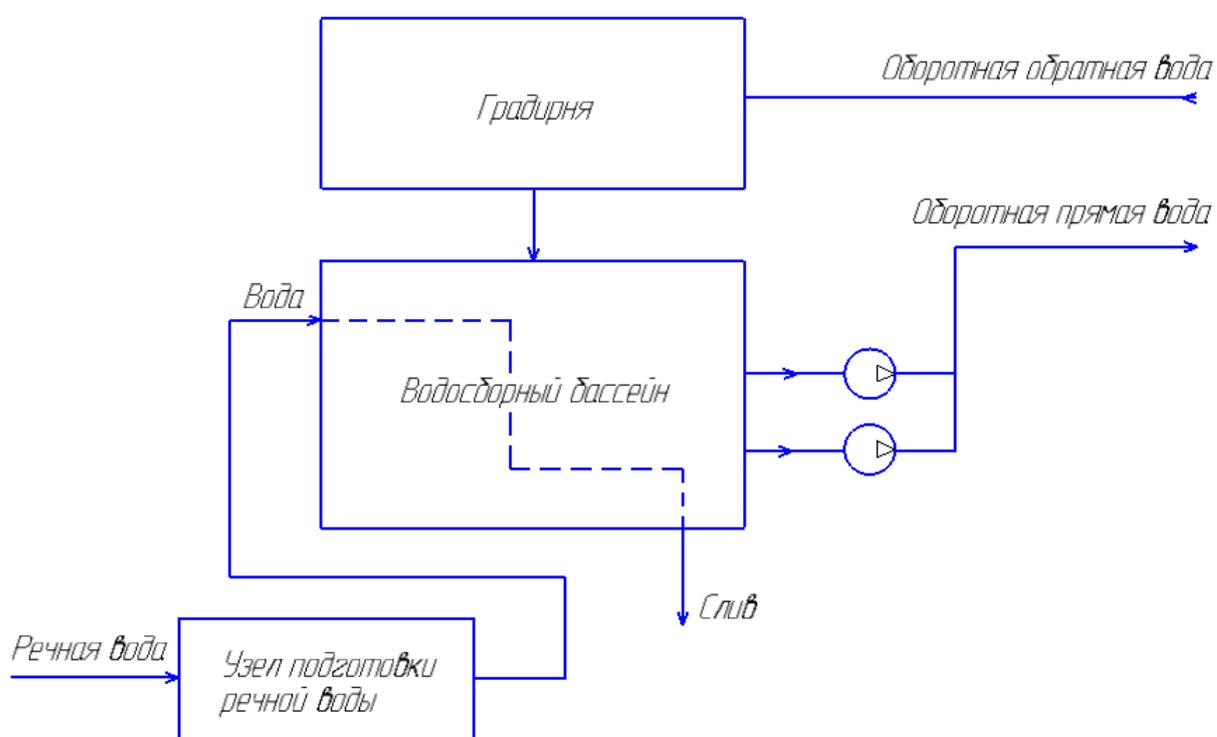


Рисунок 1.2 – Водооборотная система производства получения смол

## 2 Разработка АСР температуры воды

### 2.1 Выбор структуры АСР температуры воды

Структура управления – есть сумма всех частей автоматической системы, на которые она может быть поделена по какому-либо показателю. Также структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы.

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

Требования к АСР температуры воды:

- для измерительного преобразователя необходимо учитывать условия воздействия агрессивных сред;
- датчиком измерения температуры должен быть термопреобразователь сопротивлений;
- с экономической точки зрения система должна быть выгодной с использованием оборудования по оптимальной цене;
- регулирование системы должно быть на микропроцессорной технике;
- требование к максимальной надежности и безопасности.

В соответствии с указанными требованиями ниже на рисунке 2.1 представлена структурная схема автоматизированной системы регулирования температуры воды в водооборотном цикле.

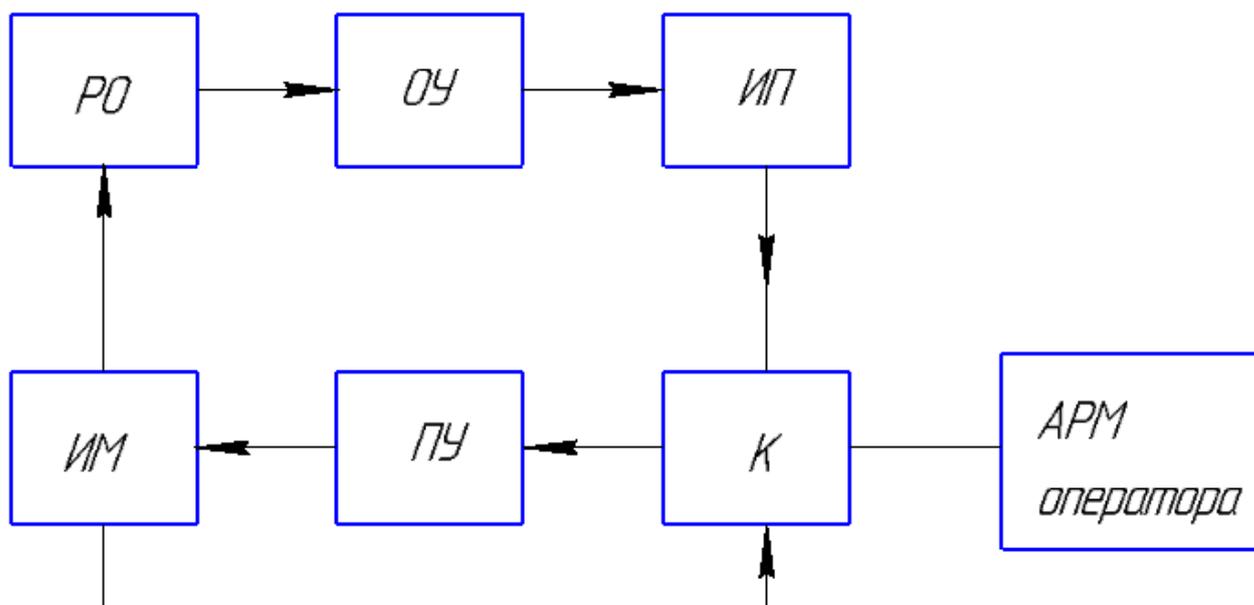


Рисунок 2.1 – Структурная схема автоматизированной системы регулирования температуры обратной прямой воды

Таблица 2.1 – Условное обозначение элементов структурной схемы

№ п/п	Условное обозначение	Название элемента
1	ОУ	Объект управления
2	ИП	Измерительный преобразователь
3	К	Контроллер
4	ПУ	Пусковое устройство
5	ИМ	Исполнительный механизм
6	РО	Регулирующий орган
7	АРМ	Автоматизированное рабочее место

В процессе функционирования системы на объект управления поступают возмущения, вызывающие отклонения регулируемого параметра – значения температуры обратной прямой воды от требуемого значения.

Объектом управления будет являться градирня с водосборным бассейном.

Для измерения температур обратной прямой и обратной воды используются датчики температур в качестве измерительного преобразователя.

Контроллер является основой для АСР ТП, а также является регулирующим устройством данной системы. Информация о параметрах от датчика температуры поступает на ПЛК, где идет сравнение данного сигнала с установленным заданием.

Регулировать подачу расхода фильтрованной артезианской воды будет регулирующим органом, который выполняет сигнал управляющего воздействия. В качестве РО применяют дросселирующее устройство (клапан или кран), управляющее расходом путем изменения проходного сечения.

Исполнительный механизм выполняет функцию механического передвижения регулирующего органа объекта управления, в соответствии с поступившим сигналом рассогласования.

## 2.2 Разработка функциональной схемы АСР температуры воды

Функциональная схема является основным техническим документом, который определяет структуру и характер систем автоматизации, а также оснащения их приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме дано упрощенное изображение агрегатов, подлежащих автоматизации, а также приборов, средств автоматизации и управления, изображаемых условными обозначениями по действующим стандартам, а также линии связи между ними.

При разработке функциональной схемы решаются следующие задачи:

1) получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;

2) нахождение контролируемых параметров для управления ими.

Параметры представлены в таблице 2.2;

3) определение предельных рабочих значений контролируемых и регулируемых параметров. Параметры представлены в таблице 2.2;

4) выбор структуры измерительных каналов информационно-управляющей и исполнительной частей системы автоматизации;

5) выбор методов и технических средств получения, преобразования, представления и передачи измерительной информации;

б) размещение технических средств автоматизации на технологическом оборудовании [8].

Таблица 2.2 – Перечень регулируемых параметров

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Температура оборотной прямой воды	25 °С

В состав структуры измерительной части входят два преобразователя температуры, в состав структуры информационно-управляющей части – контроллер, а в состав исполнительной части – пусковое устройство и исполнительный механизм.

Выбран контактный метод измерения температуры оборотной прямой воды. Термопреобразователь сопротивления обеспечит измерение температуры воды до 25 °С. Для реализации функции контроля и управления предусмотрен ПЛК.

Технологическое оборудование на функциональных схемах изображается в виде контуров, которые позволяют показать, как взаимодействие отдельных частей технологической цепи, так и принцип ее взаимодействия, а также взаимодействие преобразователей с другими средствами автоматизации. На схемах показываются взаимные расположения технического оборудования и технических средств автоматизации. Внутри контуров условных обозначений технологического оборудования или рядом с ними приводятся поясняющие надписи.

Была разработана функциональная схема АСР регулирования температуры воды.

Канал 1 предназначен для измерения прямой температуры воды, идущей в дальнейшее производство смол. Сигнал, характеризующий

температуру обратной прямой воды на выходе из градирни с водосборным бассейном, формируется датчиком температуры 1а. Канал 2 предназначен для регулирования температуры обратной прямой воды. Контроллер формирует регулирующий сигнал, который поступает на пусковое устройство 2б, где сигнал усиливается и приводит в действие вал исполнительного механизма. Канал 3 передает на контроллер информацию о работе заслонки. Канал 4 предназначен для измерения температуры обратной обратной воды, которая должна быть не менее 40 °С [9].

В нижней части функциональной схемы изображались приборы, установленные по месту и в щите управления. В щите управления установлен контроллер 2а.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображено в соответствии с ГОСТ 21.403 – 80. Схема представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.011 С2.

### 2.3 Выбор технических средств АСР температуры воды

Выбор оборудования осуществляется с учетом параметров измеряемой среды и технологических особенностей процесса измерения. Предпочтение должно отдаваться унифицированным системам и однотипным техническим средствам, обеспечивающим взаимозаменяемость, простоту сочетания друг с другом и удобство компоновки на щитах.

#### 2.3.1 Выбор датчиков температуры

В качестве измерительного преобразователя температуры различных типов рабочих сред будем использовать термопреобразователи сопротивлений. Выбор этого преобразователя будет зависеть от рабочей среды и от диапазона температур измеряемой среды.

Для измерения температуры рассмотрим термопреобразователи: ПГ «Метран», «Элемер», «Эталон».

ПГ «Метран» [10]

Они предназначены для измерения температуры жидких и газообразных химически неагрессивных сред, а также агрессивных, не разрушающих материал защитной арматуры.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики ТСП Метран – 203

Характеристика	
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+150
Условное обозначение НСХ	50М
Класс допуска	В
Номинальное значение сопротивления при 0 °С ( $R_0$ ), Ом	50
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), %	$\pm 0,1$
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), Ом	$\pm 0,05$
Цена, руб	695

Таблица 2.4 – Основные технические характеристики ТСП Метран – 206

Характеристика	
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+500
Условное обозначение НСХ	100П
Класс допуска	А
Номинальное значение сопротивления при 0 °С ( $R_0$ ), Ом	50
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), %	$\pm 0,05$
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), Ом	$\pm 0,05$
Цена, руб	2655

«Элемер» [11]

Термометры сопротивления предназначены для измерения температуры различных сред во многих отраслях промышленности

(теплоэнергетической, химической и металлургической) и в сфере ЖКХ, а также на объектах использования атомной энергии в системах безопасности.

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики Элемер ТС – 1088/1

Характеристика	
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+200
Условное обозначение НСХ	50М
Класс допуска	В
Номинальное значение сопротивления при 0 °С ( $R_0$ ), Ом	50
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), %	$\pm 0,1$
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), Ом	$\pm 0,05$
Цена, руб	1400

«Эталон» [12]

Термопреобразователи сопротивления для измерения температуры жидких и газообразных сред, не разрушающих защитную арматуру.

Таблица 2.6 – Основные технические характеристики Эталон ТСМ 9201

Характеристика	
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+150
Условное обозначение НСХ	50М
Класс допуска	В
Номинальное значение сопротивления при 0 °С ( $R_0$ ), Ом	50
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), %	$\pm 0,1$
Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления при 0 °С ( $\Delta R_0$ ), Ом	$\pm 0,05$
Цена, руб	800

Решающим фактором в выборе датчиков температуры является его стоимость. Самым бюджетным вариантом из предложенных датчиков

является ТСМ фирмы «Метран» [10]. Выбираем два ТСМ для температуры прямой и обратной воды типа Метран-203 с НСХ 50М и диапазоном измеряемых температур от -50 °С до +120 °С.

### 2.3.2 Выбор регулирующего устройства

В наши дни в качестве регулирующих устройств в автоматических системах регулирования пользуются спросом программируемые логические контроллеры (ПЛК). В качестве ПЛК в данной системе рассматриваются контроллеры трех различных производителей: «Siemens», «ВЭСТ», «ОВЕН».

Для реализации задачи необходимо учесть область применения данных контроллеров. Также влияющим фактором является цена ПЛК. Проведем сравнение характеристик контроллеров этих производителей.

Контроллер SIMATIC S7-200 [13]

Применяется для решения задач автоматизации среднего уровня, управления в системах очистки, управление в системах удаленного контроля.

Преимуществами этого контроллера являются:

- высокое быстродействие;
- программирование на языках STL, FBD и LAD;
- универсальность входов и выходов центральных процессоров.

Исполнение контроллера блочно-модульное. Для построения систем управления на базе контроллера S7-200 можно использовать центральный процессор типа CPU 221. Этот процессор является простым, дешевым, обладает небольшими габаритами и достаточно высокой мощностью. CPU 221 не имеет возможности расширения ввода/вывода.

Таблица 2.7 – Технические характеристики контроллера S7-200

Характеристика	CPU 221
Объем памяти программ (EEPROM), КБ (вкл/выкл редактирование в режиме RUN)	4
Объем памяти данных, КБ	2
Время выполнения инструкций	0,2 мкс
Арифметика с плавающей запятой	Поддерживается
ПИД-регулирование	Поддерживается
Скоростной счет, кГц	4x30
Импульсные выходы, кГц	2x20
Количество таймеров / счетчиков / флагов	256/256/256
Часы	Опциональный картридж
Кол-во встроенных портов RS 485	1
Кол-во встроенных входов-выходов	6 DI + 4 DO
Выходной ток встроенного блока питания	180 мА
Цена, руб	13226

#### Контроллер ВЭСТ-02 [14]

Применяется для создания систем управления малыми и средними объектами: тепловых пунктов (ЦТП, ИТП), водогрейных котельных, водопроводных насосных станций и др.

Преимущества, следующие:

- возможность интегрирования в существующую АСУ ТП с конвекцией протокола обмена данными;
- конфигурация "сценариев" регулятора осуществляется в бесплатной программе "АКИАР" производства НПО ВЭСТ;
- компактный корпус для крепления на DIN-рейку;
- возможность создавать архивы данных.

Таблица 2.8 – Технические характеристики контроллера ВЭСТ-02

Характеристика	
Напряжение питания, В	220
Потребляемая мощность, Вт	3
Диапазон контроля температур, °С	-50...+150

Продолжение таблицы 2.8

Тип входных датчиков температуры	Pt1000
Аналоговых входов, шт	8
Цифровых входов, шт	5
Симисторных выходов, шт	6
Аналоговых выходов 0...10 В, шт	2
Аналоговых выходов с ШИМ, шт	2
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле, А	0,5
Интерфейс связи	RS-232, RS-485
Средняя наработка на отказ, ч	50000
Средний срок службы, лет	10
Масса прибора, г	350
Цена, руб	15000

Контроллер ОВЕН 63 [15]

Контроллер ОВЕН 63 применяется в ЖКХ, ЦТП, ИТП.

Типы подключаемых датчиков и сигналов: термосопротивления, термопары, сигналы тока, напряжения, сопротивления.

Программирование ПЛК63 производится в среде CODESYS.

Преимущества:

- встроенные интерфейсы RS-485, RS-232;
- встроенные часы реального времени;
- двухстрочный знакосинтезирующий дисплей;
- бесплатная библиотека функциональных блоков: разработки ОВЕН

и стандартные библиотеки CODESYS.

Таблица 2.9 – Технические характеристики ПЛК63

Наименование контроллера	ОВЕН 63
Питание	
Напряжение питания	~220 В, 50 Гц, 24 В
Потребляемая мощность для постоянного тока, Вт	12
Потребляемая мощность для переменного тока, Вт	18
Параметры встроенного вторичного источника питания, выходное напряжение, В	24±3

## Продолжение таблицы 2.9

Цифровые (дискретные) входы	
Количество входов	8
Аналоговые входы	
Количество аналоговых входов	8
Цена, руб	13000

Контроллер фирмы «ОВЕН» типа ПЛК63 подходит для реализации задачи ВКР. Для реализации автоматической системы регулирования температуры воды была учтена область применения контроллера. Данный контроллер имеет все необходимые характеристики и наименьшую стоимость по сравнению с другими представленными ПЛК.

### 2.3.3 Выбор регулирующего органа

Приводной частью регулирующего органа является исполнительный механизм.

Максимальный крутящий момент вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338, \quad (2.1)$$

где  $D_y$  - условный диаметр трубопровода, мм.

$$M_{\max} = 6,89 \cdot 71 - 338 = 151,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При выборе учитывалось условие:

$$M_H > M_{\max},$$

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

Максимальное усилие на штоке вычисляется по формуле:

$$F_{\max} = 17 \cdot D_y - 485, \quad (2.2)$$

$$F_{\max} = 17 \cdot 71 - 485 = 722 \text{ Н}.$$

При выборе учитывалось условие:

$$F_H > F_{\max},$$

где  $F_H$  – номинальное усилие на штоке, Н.

Выбираем исполнительный механизм из номинального значения крутящего момента. ИМ типа МЭО-250/25-0,25-Р-99 [16]. Механизм электроисполнительный однооборотный типа МЭО в общепромышленном исполнении.

Таблица 2.10 – Технические характеристики МЭО-250/25-0,25-Р-99

Характеристика	
Номинальный крутящий момент на выходном валу, Нм	250
Номинальное время полного хода выходного вала, с	25
Номинальное значение полного хода выходного вала, об	0,25
Напряжение питания, В	220
Частота питания, Гц	50
Потребляемая мощность, Вт	240
Масса, кг	32
Цена, руб	19000

Механизмы предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования технологическими процессами в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств.

Управляющим устройством для МЭО выбираем пускатель ПБР-2М [17]. Он является рекомендуемым производителем ОАО «ЗЭиМ» для управления, выбранного МЭО-250/25-0,25-Р-99.

Таблица 2.11 – Технические характеристики ПБР-2М

Характеристика	
Максимальный коммутируемый ток, А	4
Быстродействие, мс	25
Пауза между резервными включениями, мс	20
Электрическое питание, В (при частоте 50 Гц)	220
Входной сигнал, В	24
Входной сопротивление, Ом	750
Потребляемая мощность, Вт	7
Масса, кг	4
Габаритные размеры, мм	240×196×90
Цена, руб	4130

На основании функциональной схемы и выбранных технических средств автоматизации составляем заказную спецификацию приборов и средств автоматизации. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации представлена в приложении А.

## 2.4 Проектирование принципиальной схемы АСР температуры воды

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы являются основными чертежами для разработки рабочих монтажных чертежей, проведения пусконаладочных работ и квалифицированной эксплуатации этих узлов, устройств и систем электрического принципа действия. Названия принципиальным электрическим схемам присваиваются в соответствии с функциональными принципами действия запроецированной системы. Эти схемы служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

Для разработки принципиальной электрической схемы необходимо выполнить ряд действий:

- нанести на схему технические средства автоматизации с соответствующими стандартами;
- произвести соединение проводок с клеммами устройств по требованиям завода изготовителя оборудования;
- произвести нумерацию проводников.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Принципиальная электрическая схема выполнена с применением условных графических изображений.

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

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

Чтение принципиальных электрических схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схем 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.

В данном разделе была разработана схема электрическая принципиальная АСР температуры воды.

В данной схеме для цепей управления, регулирования и измерения используется группа чисел 1 - 100, для цепей питания 101 - 200.

Электропитание всех технических средств осуществляется от щита питания переменным напряжением 220 В, 50 Гц.

Термопреобразователи сопротивления В1, В2 преобразуют измеряемую величину температуры воды в унифицированный токовый сигнал 4 – 20 мА, который поступает на соответствующие входы контроллера А2. Подключения средств измерения осуществлено в соответствии с требованием производителя [18]. Подключение ТСМ В1, В2 производится с помощью прецизионных резисторов R3 и R4 сопротивление которых 500 Ом [19]. Такие резисторы применяются в измерительной аппаратуре и отличаются большой мощностью и стабильностью [20].

Контроллер А2 обрабатывает информацию, полученную с датчиков В1, В2. На основе программно заданных алгоритмов формирует управляющий сигнал, который передается на блок управления А1 посредством цифрового интерфейса RS-485. Причем, для согласования линии используют терминальный (концевой) резистор R1 [21]. Резистор ставят на конце или в начале линии.

В соответствии с сигналами управления силовые ключи блока управления А1 коммутируют цепи нагрузки обмотки электродвигателя исполнительного механизма М1, обеспечивая его вращение.

Сигнал обратной связи о положении регулирующего органа контроллер А2 получает с исполнительного механизма, который подключен непосредственно к контроллеру А2 по однопроводной схеме [22].

Схема приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.011 ЭЗ.

## 2.5 Проектирование монтажной схемы АСР температуры воды

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ. Эту документацию также используют в процессе эксплуатации, наладке, ремонте и выполнения профилактических работ. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов, пультов, внешних электрических и трубных проводок.

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 используются следующие материалы:

- 1) функциональная схема;
- 2) принципиальная электрическая схема;
- 3) техническая документация заводов изготовителей средств

автоматизации и других средств:

- техническое описание;
- инструкция по эксплуатации;

- 4) общие виды щитовых и других конструкций.

В курсовом проекте необходимо разработать монтажную схему автоматической системы регулирования температуры воды, для этого нужно выполнить следующие этапы:

- 1) нанести на монтажную схему технические средства автоматизации в соответствии с принятыми обозначениями;

- 2) выбрать проводки для соединения технических средств;

- 3) произвести нумерацию проводников в соответствии с электрической схемой;

- 4) выполнить подключения средств измерения и управления в шкаф автоматизации.

Монтажная схема содержит следующие элементы:

- 1) термоэлектрический преобразователь сопротивлений, расположенный вне щита;

- 2) внешние электрические проводки;

- 3) щит питания;

- 4) таблица с поясняющими надписями;

- 5) ПЛК и модуль аналоговых вводов, находящиеся на щите приборов;

- 6) пусковое устройство и исполнительный механизм.

На схеме вверху поля чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Под таблицей с поясняющими надписями расположено

изображение преобразователя и других средств автоматизации, устанавливаемых непосредственно на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах.

Датчик температуры и исполнительный механизм изображены монтажными символами в соответствии с заводскими инструкциями. Внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним жил проводов или кабелей, причем изображены только используемые клеммы. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа вблизи клемм.

Щит автоматизации изображен в виде прямоугольника в верхней части чертежа. В прямоугольнике показаны блоки зажимов, а также подключенные к ним жилы кабелей и провода с соответствующей маркировкой.

Преобразователь, внешние приборы и шкаф управления соединены между собой электрическими линиями связи, выполненными с помощью электрических кабелей, проводов и жгутов проводов.

Присвоены порядковые номера средств системы автоматизации. Проводники, подключаемые к зажимам и клеммам технических средств, маркированы в соответствии с принципиальной схемой. К внешним электрическим и трубным проводкам относят такие проводки, которые расположены за пределами щитов и пультов.

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

В данном разделе была разработана схема монтажная АСР температуры воды.

Для линий питания выбираем кабели с алюминиевыми жилами типа АКРВБГ сечением 2,5 мм<sup>2</sup> [23]. Для информационных линий выбираем кабели с сечением медных жил 1 мм<sup>2</sup> типа КРВГ [24].

Выбранные кабели, а также их технические характеристики представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Характеристики проводов и кабелей электропроводки АСР

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм
1,9	АКРВБГ	4	2,5	15,51
2,3,4,5,6,7	КРВГ	4	1	10,54
8	КРВБГ	5	1	15,2

Контроллер 2а изображен условно в виде упрощенного контура с теми клеммами, которые используются. В щите автоматизации расположена клеммная сборка зажимов ХТ2, в которую входят проводки, передающие унифицированный сигнал по температуре оборотной прямой и обратной воды.

Вышеперечисленные технические средства подключаются сначала к соединительной коробке КСК-8 с помощью кабелей КРВГ 4×1, после чего собираются в единый кабель КРВБГ 7×1, который затем подключается к щиту автоматизации.

Схема монтажная представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.011 С4.

## 2.6 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСР

На щитах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные

приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними.

Щиты систем автоматизации устанавливаются в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д.

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

Общие виды щитов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок.

Исходные материалы для проектирования общих видов щитов:

- 1) функциональные схемы систем автоматизации;
- 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации;
- 3) чертежи щитового помещения.

В проекте для размещения средств автоматизации используем щит шкафной малогабаритный с монтажной панелью ЩШМ-МП 600x400x250 [25]. Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

Общий вид щита представлен на чертеже ФЮРА.421000.011 ВО.

Чертеж общего вида единичного щита содержит:

- 1) вид спереди;
- 2) вид на внутренние плоскости;
- 3) перечень составных частей;
- 4) таблицу надписей.

Вид спереди выполнен в масштабе 1:5. На нем показаны контуры лицевых панелей щита с расположенным на них ПЛК. В нижней части панели щита расположена сборка зажимов ХТ2.

На внутренних поверхностях показывают:

- 1) установленные на них приборы, электроаппаратуру, арматуру;
- 2) изделия для монтажа электропроводок (клеммники);
- 3) изделия для монтажа трубных проводок (сборки соединителей).

### 3 Схема взаимосвязи оборудования верхнего и полевого уровней

Автоматизированная система регулирования температуры водооборотного цикла строится по трехуровневому принципу:

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

Основные функции автоматизированной системы регулирования являются: сбор, обработка, хранение данных, а также предоставление отчетности. Такая система должна работать непрерывно, 24 часа в день и 7 дней в неделю.

АСР 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 регулирования температуры воды представлена на рисунке 4.

Верхний уровень САУ 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. В составе оборудования может поставляться промышленный компьютер, стойка сервера, источник бесперебойного питания и периферийное оборудование.

Нижний уровень представляет собой совокупность средств измерения температуры, необходимых для контроля технологических параметров. Используются два датчика температуры прямой и обратной воды.

Средний уровень используется для взаимосвязи нижнего уровня с верхним, выполнен с помощью щита автоматизации. Сигналы от датчиков

температуры поступают в щит и передаются в АРМ оператора управления, а далее сигналы воздействия уже поступают с АРМ на исполнительный механизм.

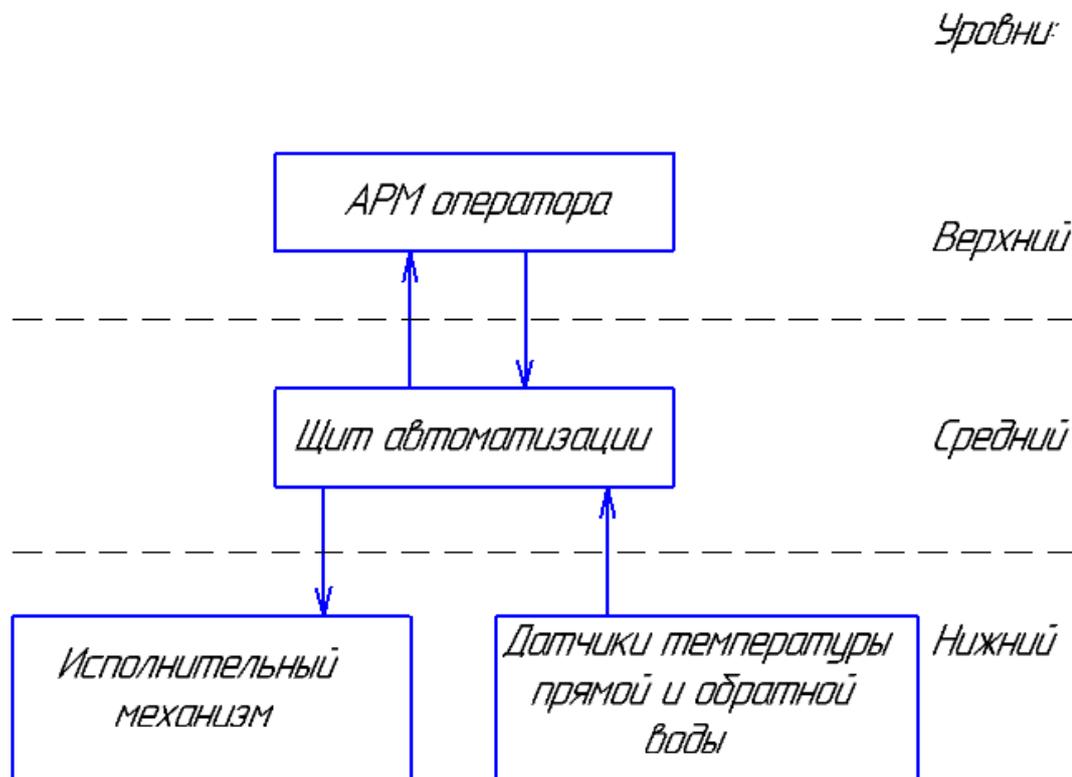


Рисунок 3.1 – Структурная схема автоматизированной системы регулирования температуры воды водооборотного цикла

#### 4 Расчет надежности системы регулирования

Надежность является одним из важнейших комплексных свойств качества сложных технических систем, отказ которых может привести к авариям и чрезвычайным происшествиям.

Основные вопросы, которые изучает теория надежности, — отказы технических элементов и систем, в целом; критерии и количественные характеристики надежности; методы анализа и повышения надежности элементов и систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации; методы испытания технических средств на надежность; методы оценки эффективности мероприятий по повышению надежности [26].

Количественно показатель надежности определяется через вероятность безотказной работы или наработки на отказ системы, вероятность отказа системы и интенсивность отказов. Первый показатель характеризует вероятность того, что при эксплуатации системы в течение заданной продолжительности работы она не выйдет из строя. Второй – вероятность наступления первого отказа системы [27].

В качестве расчетного объекта выбрана система регулирования температуры обратной прямой воды.

Таблица 4.1 – Исходные данные средств автоматизации для расчета

№	Техническое средство автоматизации	Тип	Кол-во, шт	T, ч
1	Измерительный преобразователь (ИП)	ТСМ Метран-203	2	50000
2	Программно-логический контроллер (ПЛК)	Овен ПЛК 63	1	100000
3	Пусковое устройство (ПУ)	ПБР-2М	1	200000
4	Исполнительный механизм (ИМ)	МЭО-250/25-0,25-Р-99	1	80000

T – средняя наработка на отказ.

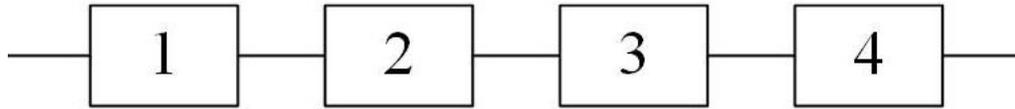


Рисунок 4.1 – Структурная схема системы:

- 1 – измерительный преобразователь;
- 2 – программно-логический контроллер;
- 3 – пусковое устройство;
- 4 – исполнительный механизм.

#### 4.1 Расчет вероятностей безотказной работы для всех элементов схемы

Вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента,  $P_i$  [26]:

$$P_i = e^{-\lambda_i t} , \quad (4.1)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказа  $i$ -го элемента системы,  $ч^{-1}$ ;

$t$  – заданная наработка,  $ч$ .

Для расчета примем  $t = 2000 ч$ .

Интенсивность отказов  $i$ -го элемента определяется [26]:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} , \quad (4.2)$$

где  $T_i$  – средняя наработка до отказа.

1) Интенсивность отказа ИП по формуле (4.2):

$$\lambda_1 = \frac{1}{50000} = 0,00002 ч^{-1} .$$

Вероятность безотказной работы ИП по формуле (4.1):

$$P_1(t) = e^{-0,00002 \cdot 2000} = 0,96 .$$

2) Интенсивность отказа ПЛК по формуле (4.2):

$$\lambda_2 = \frac{1}{100000} = 0,000001 ч^{-1} .$$

Вероятность безотказной работы ПЛК по формуле (4.1):

$$P_2(t) = e^{-0,000001 \cdot 2000} = 0,98 .$$

3) Интенсивность отказа ПУ по формуле (4.2):

$$\lambda_3 = \frac{1}{200000} = 0,000005 \text{ ч}^{-1} .$$

Вероятность безотказной работы ПУ по формуле (4.1):

$$P_3(t) = e^{-0,000005 \cdot 2000} = 0,99 .$$

4) Интенсивность отказа ИМ по формуле (4.2):

$$\lambda_4 = \frac{1}{80000} = 0,0000125 \text{ ч}^{-1} .$$

Вероятность безотказной работы ИМ по формуле (4.1):

$$P_4(t) = e^{-0,0000125 \cdot 2000} = 0,97 .$$

Вероятность безотказной работы системы равна [26]:

$$P_{\text{сис}}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_n(t) , \quad (4.3)$$

где  $P_1(t), P_2(t) \dots P_n(t)$  – вероятности безотказной работы соответствующего элемента системы.

Найдем вероятность безотказности работы для всей системы по формуле (4.3):

$$P_{\text{сис}}(t) = 0,96^2 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,867 .$$

Интенсивность отказа системы определяется по формуле [26]:

$$\lambda_{\text{сис}} = \frac{-\ln(P_{\text{сис}}(t))}{t} . \quad (4.4)$$

Найдем интенсивность отказа системы по формуле (4.4):

$$\lambda_{\text{сис}} = \frac{-\ln(0,867)}{2000} = 0,00007 \text{ ч}^{-1} .$$

Найдем среднее время наработки на отказ работы системы [26]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda_{\text{сис}}} . \quad (4.5)$$

Среднее время наработки на отказ системы по формуле (4.5) будет равно:

$$T_{cp} = \frac{1}{0,00007} = 14285 \text{ ч.}$$

## 4.2 Резервирование

Наиболее популярным считается метод повышения надежности резервированием.

Резервирование – это способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и/или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения требуемых функций [26].

Повысим ВБР системы ( $P_{сис}$ ) за счет использования различных видов резервирования и количества резервных элементов.

Для данных схем будем использовать следующие виды резервирования:

1) Резервирование замещением с дробной кратностью  $m$  такое резервирование, при котором функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного элемента [28].

Вероятность безотказной работы такой системы вычисляется по формуле:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_i t} \sum_{j=0}^m \frac{(\lambda_i t)^j}{j!}, \quad (4.6)$$

где  $J$  – общее число элементов;

$m$  – число резервных элементов;

$\lambda_i$  – интенсивность отказов  $i$  – го элемента,  $ч^{-1}$ ;

$t$  – наработка до отказа системы, ч.

2) Раздельное резервирование с постоянно включенным резервом с дробной кратностью  $m$  при отсутствии последствия такой вид резервирования, при котором все резервные элементы включены на время

эксплуатации [29]. Вероятность безотказной работы такой системы определяется по формуле:

$$P_c(t) = \left[ 1 - (1 - e^{-\lambda_i t})^{m+1} \right]^N, \quad (4.7)$$

где  $m$  – число резервных элементов;

$N$  – число последовательно соединенных звеньев;

$\lambda$  – интенсивность отказов  $i$  – го элемента,  $ч^{-1}$ ;

$t$  – наработка до отказа системы, ч.

С целью повышения надежности системы регулирования необходимо резервировать наиболее ненадежные элементы, которыми являются ПЛК и ИМ. Произведем расчет для общего резервирования с постоянно включенным резервом и резервирования замещения.

Определение надежности системы №1: расчет для общего резервирования с постоянно включенным резервом.

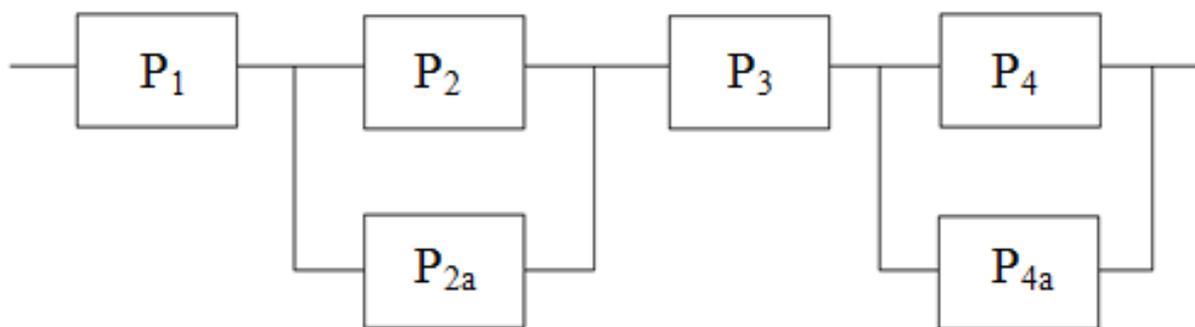


Рисунок 4.2 – Схема системы с резервированием №1

Для 2 основного элемента: раздельное резервирование с постоянно включенным резервом с целой кратностью  $m=1$  при отсутствии последствия рассчитаем по формуле (4.7):

$$P_2(t) = 1 - (1 - 0,98)^{1+1} = 0,999.$$

Для 4 основного элемента: раздельное резервирование с постоянно включенным резервом с целой кратностью  $m=1$  при отсутствии последствия рассчитаем по формуле (4.7):

$$P_4(t) = 1 - (1 - 0,97)^{1+1} = 0,999.$$

Вероятность безотказной работы системы найдем по формуле (4.3):

$$P_{сис}(t) = 0,96^2 \cdot 0,999 \cdot 0,99 \cdot 0,999 = 0,92.$$

Найдем интенсивность отказа системы по формуле (4.4):

$$\lambda_{сис} = \frac{-\ln(0,92)}{2000} = 0,00004 \text{ ч}^{-1}.$$

Среднее время наработки на отказ системы по формуле (4.5) будет равно:

$$T_{cp} = \frac{1}{0,00004} = 25000 \text{ ч.}$$

Определение надежности системы №2: расчет резервирования замещением.

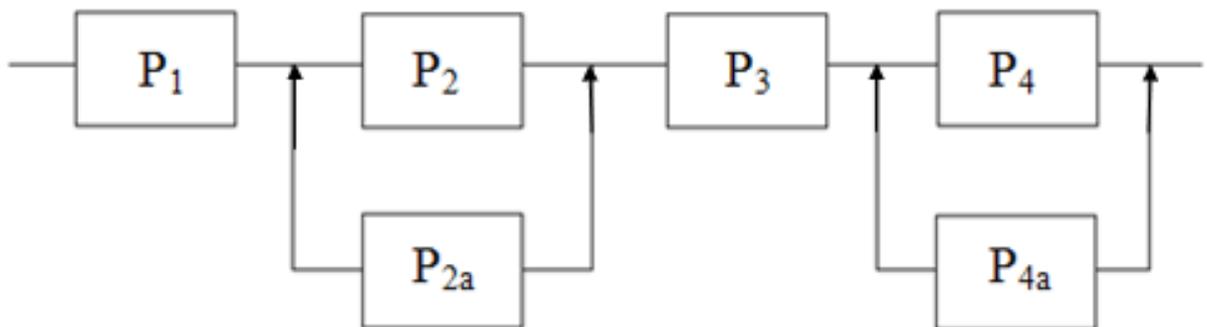


Рисунок 4.3 – Схема системы с резервированием №2

Для 2 основного элемента: резервирование замещением, система имеет 1 резервную цепь  $m=1$ , рассчитаем по формуле (4.6):

$$P_2(t) = e^{-0,000001 \cdot 2000} \left[ \frac{(0,000001 \cdot 2000)^0}{0!} + \frac{(0,000001 \cdot 2000)^1}{1!} \right] =$$

$$= e^{-0,000001 \cdot 2000} \left[ 1 + \frac{(0,000001 \cdot 2000)^1}{1} \right] = 0,999.$$

Для 4 основного элемента: резервирование замещением, система имеет 1 резервную цепь  $m=1$ , рассчитаем по формуле (4.6):

$$P_4(t) = e^{-0,0000125 \cdot 2000} \left[ \frac{(0,0000125 \cdot 2000)^0}{0!} + \frac{(0,0000125 \cdot 2000)^1}{1!} \right] =$$

$$= e^{-0,0000125 \cdot 2000} \left[ 1 + \frac{(0,0000125 \cdot 2000)^1}{1} \right] = 0,999.$$

Вероятность безотказной работы системы найдем по формуле (4.3):

$$P_{сис}(t) = 0,96^2 \cdot 0,999 \cdot 0,99 \cdot 0,999 = 0,92 .$$

Найдем интенсивность отказа системы по формуле (4.4):

$$\lambda_{сис} = \frac{-\ln(0,92)}{2000} = 0,00004 \text{ ч}^{-1} .$$

Среднее время наработки на отказ системы по формуле (4.5) будет равно:

$$T_{ср} = \frac{1}{0,00004} = 25000 \text{ ч.}$$

Вероятность безотказной работы будет одинакова для обеих систем с использованием резервирования.

Вероятность безотказной работы технических средств измерения системы за 2000 часов без учета резервирования составляет 0,867, а его

среднее время наработки 14285 часов. При применении резервирования в системе показатель вероятности безотказной работы повышается до 0,92 и вместе с ним повышается среднее время наработки до 25000 часов. Повышение показателей свидетельствует о том, чтобы было использовано резервирование элементов с наименьшей надежностью. Также надежность в процессе производства можно повысить путем повышения операторского и ремонтно-обслуживающего состава при наблюдении за работой слабых звеньев системы.

## 5 Разработка алгоритма обеспечения управления системой

В разрабатываемой АСР применяется устройство, позволяющее реализовать все необходимые требования к системе, называемое контроллером. С помощью контроллера возможно управление параметрами работы: пуск и стоп всей системы или ее отдельных агрегатов, индикация работы системы, режимов, а также сигнализацию нормальной работы и защита от превышения параметров.

В проекте управление параметрами работы пуск и стоп происходит в задвижке, которая регулирует температуру прямой оборотной воды.

### 5.1 Разработка программного кода

Разработка алгоритмического обеспечения позволяет реализовать требуемые функции управления. Программа, написанная на языке программирования, представляет собой набор функциональных блоков, которые соединены в соответствии с разработанным алгоритмом.

Разработка программного кода осуществляется в программе CODESYS 3.5. Создается проект, в котором задается имя проекта и расположение – путь его сохранения на ПК. После сохранения проекта появляется окно выбора исполнительного устройства и языка основной программы. Его вид представлен на рисунке 5.1.

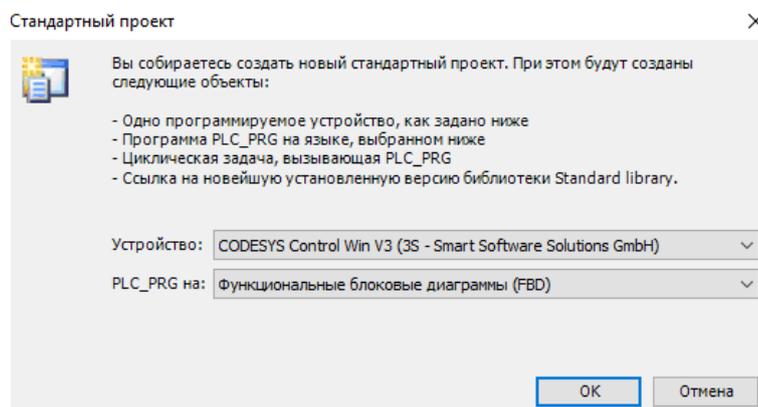


Рисунок 5.1 – Выбор устройства и текста основной программы

В качестве исполнительного устройства в этом примере будет использован внутренний виртуальный ПЛК среды CODESYS 3.5. Это устройство реализует полнофункциональный ПЛК на ПК, позволяя работать в том числе и с внешними устройствами, подключенными к Com-портам компьютера. Для его использования в пункте Устройство выбираем CODESYS Control Win V3, а в качестве языка проекта PLC\_PRG – язык FBD – функциональные блокковые диаграммы.

Создадим проект, в основу регулирования которого входит изменение положения задвижки. Объект регулирования состоит из одной линии трубопровода. При отклонении температуры воды в водосборном бассейне открывается задвижка. Вода проходит с необходимой температурой для поддержания её в водосборном бассейне. В случае если нет изменения температуры воды, то задвижка находится в закрытом состоянии. Задание функциональных блоков осуществлено в разделе PLC\_PRG.

```

1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR
3      TM1: REAL:=25;
4      TM2: REAL:=40;
5      TM: REAL:=25;
6      ZAD1: RS;
7  END_VAR
8  VAR_OUTPUT
9      T1: BOOL;
10     T11: REAL;
11 END_VAR
12 VAR_INPUT
13     ON1: BOOL;
14     OFF1: BOOL;
15     T: INT;
16 END_VAR

```

Рисунок 5.2 – Программный код работы задвижки

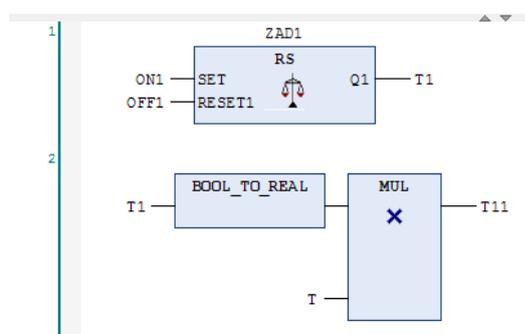


Рисунок 5.3 – Функциональные блоки работы задвижки:

- ON1 – входной сигнал о включении задвижки (1 – true, 0 – false);
- OFF1 – входной сигнал о выключении задвижки (0 – false);
- T1 – выходной сигнал о включении задвижки (1 или 0);
- T – входной сигнал значения температуры для поддержания (25 °C);
- T11 – выходной сигнал значения температуры с учетом значения для ее поддержания и режимов включения или выключения задвижки.

На этом создание проекта завершено.

## 5.2 Работа с виртуальным контроллером CODESYS

Возможности пользователя при работе в режиме симуляции ограничены. Расширить их без подключения реального ПЛК позволяет

использование виртуального контроллера CODESYS. Он устанавливается вместе с программной средой CODESYS 3.5 и запускается с помощью Gateway-сервера. Gateway-сервер автоматически запускается в качестве сервиса при запуске системы. Убедитесь, что на панели задач есть иконка , указывающая на то, что сервер запущен. ПЛК (CODESYS Control Win V3) доступен в качестве сервиса после запуска системы. На панели задач он представлен иконкой:  для состояния «остановлен»,  для состояния «запущен».

Для подключения виртуального контроллера в дереве проекта двойным щелчком нажмем по устройству Device (CODESYS Control Win V3). В диалоговом окне необходимо нажать кнопку Scan network для получения списка доступных сетевых устройств.

Далее произведем выбор используемого контроллера.

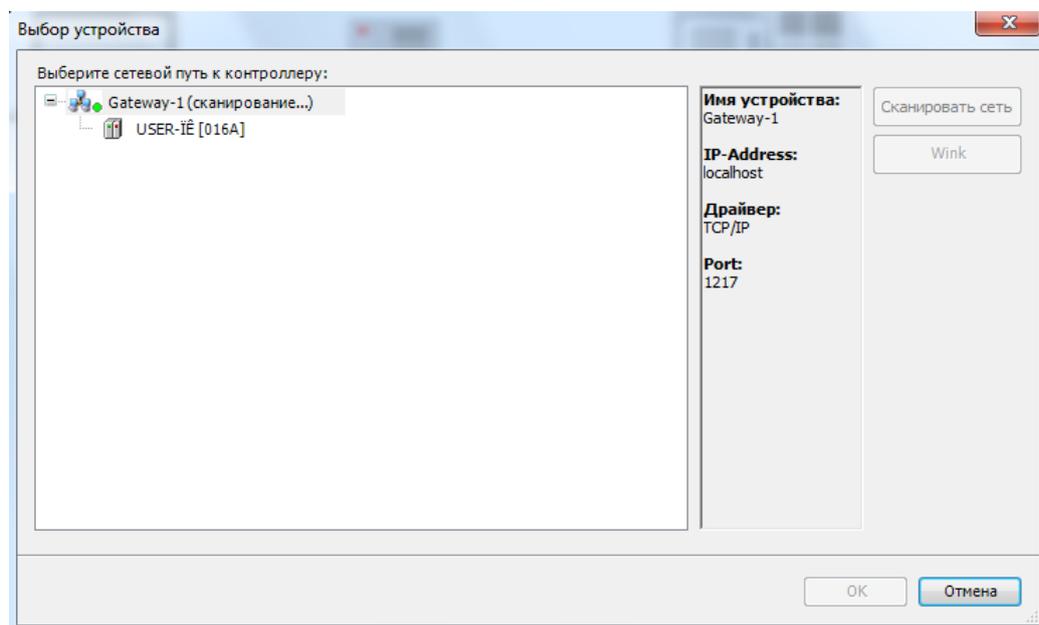


Рисунок 5.3 – Выбор активного контроллера

Виртуальный контроллер позволяет не только производить отладку программы, но и может быть использован как целевая платформа для

подключения внешних устройств и взаимодействия с ними по Com-портам ПК.

### 5.3 Вывод переменных из Codesys в MasterSCADA

Создаем символьную конфигурацию в программе, где в рабочем окне помечаем галочками переменные из ранее созданного программного кода.

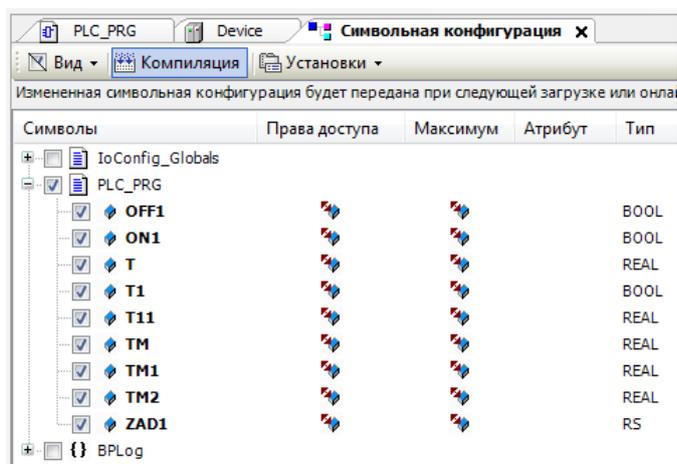


Рисунок 5.4 – Рабочее окно символьной конфигурации

Далее открываем OPC Configurator, создаем новый файл OPC-сервера (File -> New или Ctrl+N). В появившемся рабочем окне добавляем эмулированный ПЛК к серверу путем нажатия правой кнопкой мыши по значку Server и последующим нажатием по вкладке Append PLC. В появившемся подпункте Connection жмем на кнопку Edit. В строке PLC name (recommended) or adress указываем адрес присвоенный эмулированному ПЛК ранее в Codesys во вкладке Device.

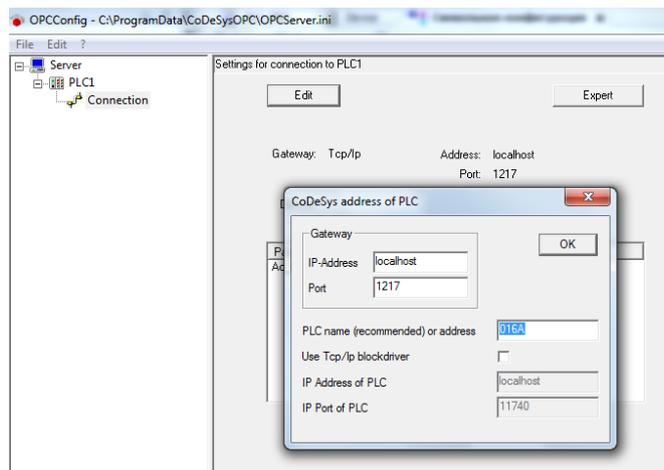


Рисунок 5.5 – Присвоение адреса ПЛК

Созданный файл OPC-сервера можно сохранить и закрыть OPC Configurator.

#### 5.4 Разработка мнемосхемы

Разработка мнемосхемы производится в MasterSCADA. Открываем MasterSCADA, где создаем новый проект и добавляем в систему контроллер, в контроллер протокол, в протокол OPC DA.

Открываем созданный протокол двойным щелчком и нажимаем по кнопке выбор сервера. В появившемся окне выбираем сервер CoDeSys.OPC.DA. и подключаемся к нему.

В подключенном сервере выбираем PLC\_PRG и галочками помечаем переменные из ранее созданного программного кода.

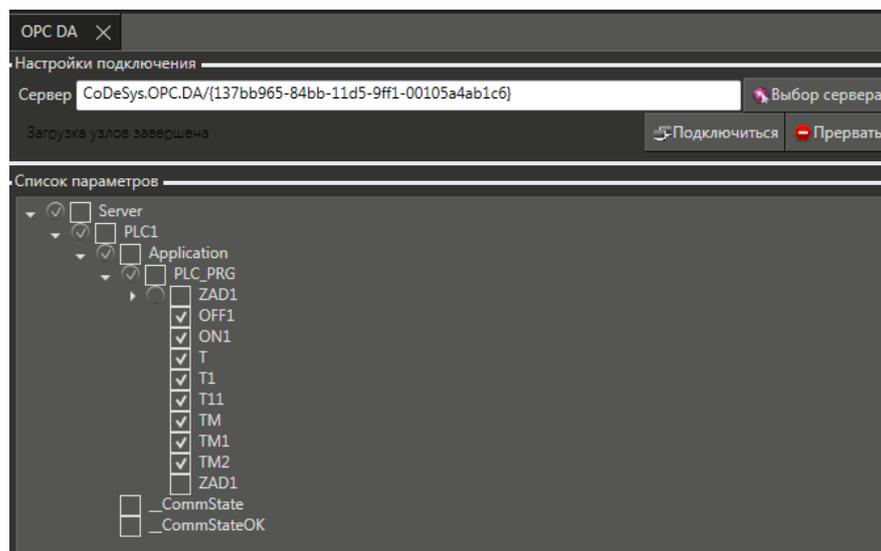


Рисунок 5.6 – Выбор PLC\_PRG

Далее создаем объект, а в нем окно, где добавляем элементы мнемосхемы: трубопровод, задвижка, производство, насосы и т.д. Дополнительные иконки можно найти в библиотеке.

Соединяем выход (ON1) с положением кнопки Вкл/Выкл задвижки. Для отображения параметров в окнах «Ввод текста» переносим входы необходимых параметров на характеристику окна на панели слева «Текст». В результате появится значок привязки. Создадим подсветку, информирующую о состоянии задвижки. Для этого сигналы с контроллера переносятся на характеристику окна на панели слева «Заливка фона», осуществляются настройки зависимости цвета от нажатия кнопки.

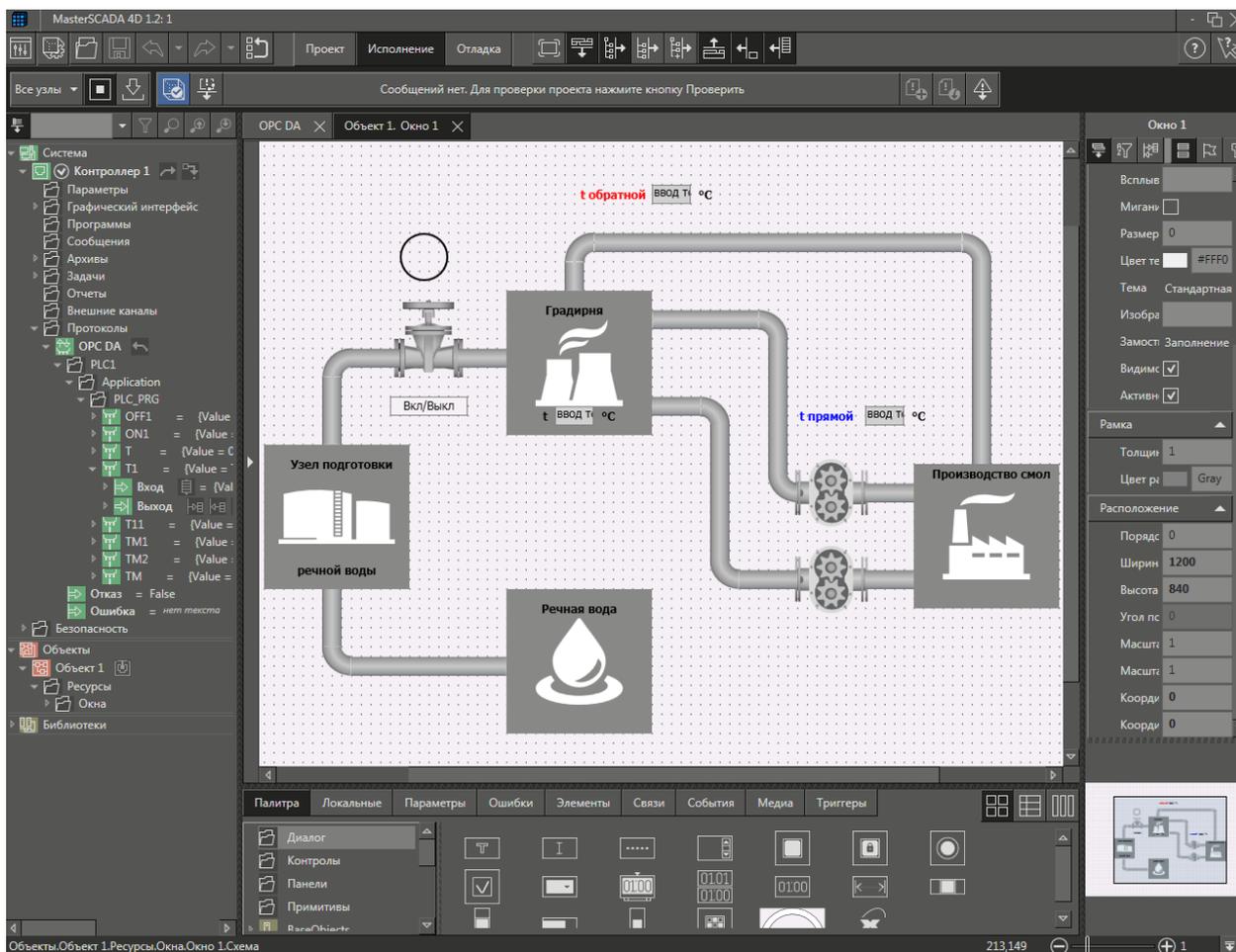


Рисунок 5.7 – Процесс создания мнемосхемы

Проверяем наличие ошибок и после чего запускаем контроллер в Codesys и запускаем режим эмуляции в MasterSCADA. Значения на приборах изменяются в режиме реального времени.

### 5.5 Проверка функционирования программы

#### Вариант 1

Задвижка в положении Выкл, горит красный индикатор, сигнал FALSE. Значение температуры воды в водосборном бассейне градирни соответствует значению прямой температуры воды.

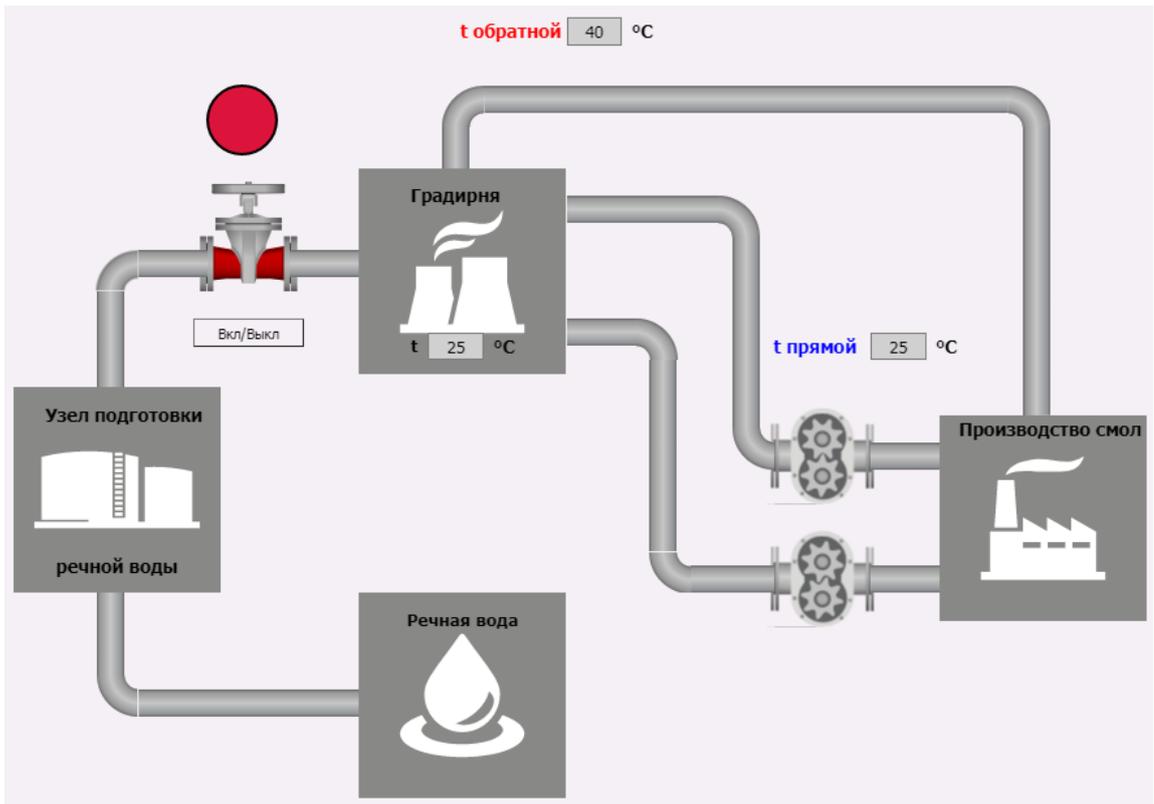


Рисунок 5.8 – Работа в режиме эмуляции

Символьная конфигурация | Device | PLC\_PRG x

Device.Application.PLC\_PRG

Выражение	Тип	Значение	Подготовленное ...	Адрес	Комментарий
TM1	REAL	25			
TM2	REAL	40			
TM	REAL	25			
ZAD1	RS				
T1	BOOL	FALSE			
T11	REAL	0			
ON1	BOOL	FALSE			
OFF1	BOOL	FALSE			
T	INT	0			

Рисунок 5.9 – Значения в Codesys

## Вариант 2

Задвижка в положении Вкл, горит синий индикатор, сигнал TRUE. Значение температуры воды в водосборном бассейне градирни отличается от значения заданной температуры прямой воды. Сигнал рассогласования поступит в узел подготовки речной воды на её подогрев.

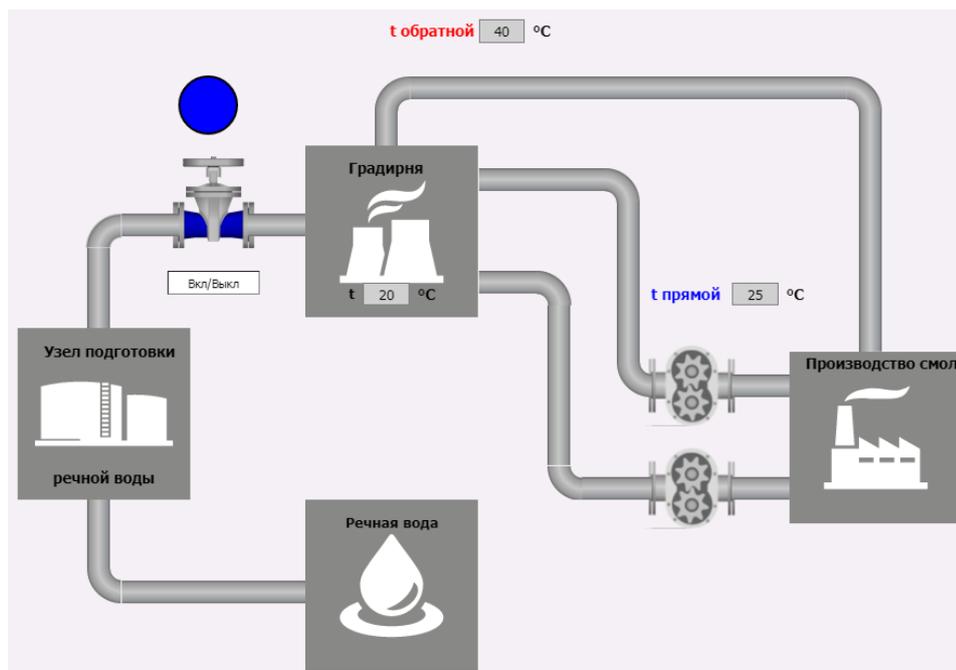


Рисунок 5.10 – Работа в режиме эмуляции

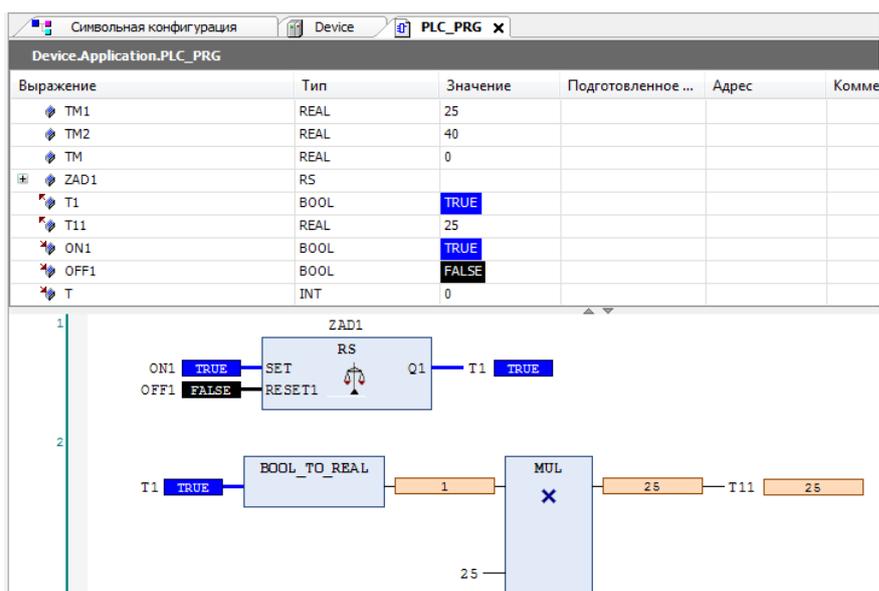


Рисунок 5.11 – Значения в Codesys

Задвижка будет открыта до тех пор, пока не нормализуется температура воды в водосборном бассейне.

### Вариант 3

При повышении температуры воды в водосборном бассейне задвижка также переходит в положение Вкл. В узел подготовки речной воды поступает сигнал на охлаждение воды. Задвижка открыта, пока температура воды снова не станет 25 °С.

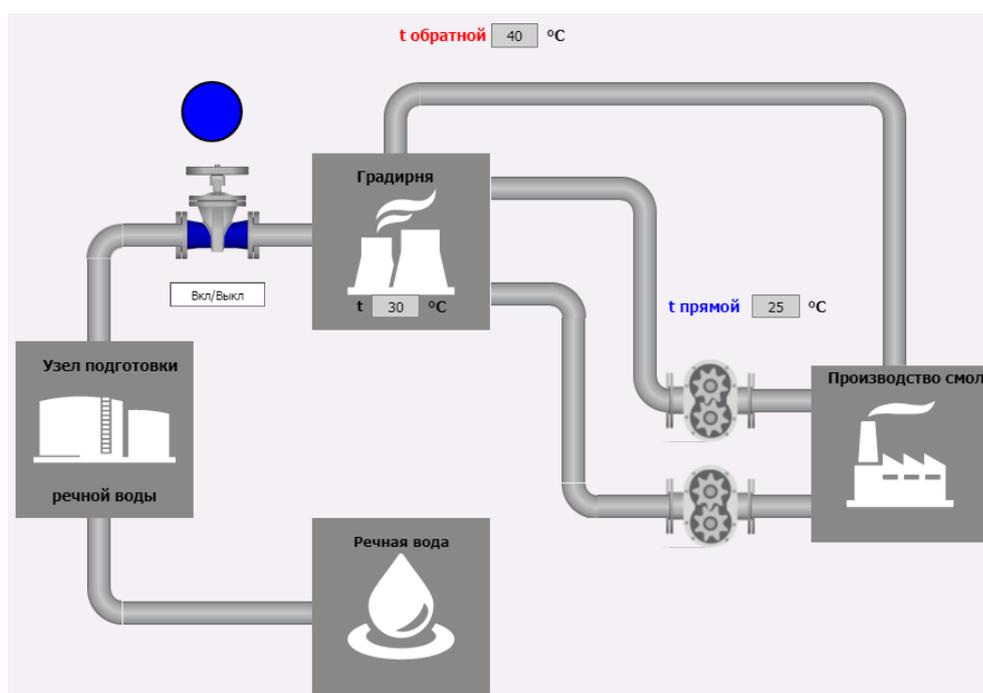


Рисунок 5.12 – Работа в режиме эмульсии

Значения сигналов в Codesys остаются такими же, как и во втором варианте.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б4В	Суворовой Александре Витальевне

<b>Подразделение</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>НОЦ</b>	<b>И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Тариф за электроэнергию составляет 4,848 руб/кВт · ч</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i><math>N_{ам}=20\%</math></i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в социальные фонды 30 % от ФЗП</i>

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

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

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

1. *График проведения НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	23.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Суворова Александра Витальевна		

## 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Настоящий проект посвящен разработке автоматизированной системы регулирования температуры прямой оборотной воды. Такая система должна удовлетворять не только технологическим требованиям, но и соответствовать экономичному варианту системы.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- 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 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Для организации процесса реализации проекта существует необходимость планирования занятости участников в проекте, сроки выполнения определенного этапа работы.

В таблице 6.1 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Таблица 6.1 – Перечень работ и оценка их выполнения

Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
Выдача и получение задания	Инженер	1
	Руководитель	1
Обзор источников литературы	Инженер	10
Описание объекта автоматизации	Инженер	15
	Руководитель	1
Разработка структурной схемы	Инженер	3
	Руководитель	1

Продолжение таблицы 6.1

Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дни
Разработка функциональной схемы	Инженер	4
	Руководитель	1
Выбор технических средств и составление заказной спецификации	Инженер	10
	Руководитель	1
Разработка принципиальной схемы	Инженер	4
Разработка монтажной схемы	Инженер	4
Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции	Инженер	3
Разработка схемы взаимодействия уровней	Инженер	2
Расчет надежности системы регулирования	Инженер	3
Разработка алгоритма обеспечения регулирования	Инженер	10
Проектирование мнемосхемы	Инженер	10
Утверждение пояснительной записки	Инженер	7
	Руководитель	3
Итого	Инженер	90
	Научный руководитель	9

## 6.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнение проекта рассчитываются в рублях по формуле:

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

где  $K_{mat}$  – материальные затраты;

$K_{ам}$  – амортизация компьютерной техники;

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

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

$K_{пр}$  – прочие затраты;

$K_{накл}$  – 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 в руб./год:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.км}}{T_{кал}} \cdot Ц_{км} \cdot \frac{1}{T_{сл}} , \quad (6.2)$$

где  $T_{исп.км}$  – время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}}$  – календарное время;

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

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

$$K_{\text{ам}} = \frac{90}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1232,87 \text{ руб} / \text{год}.$$

### 6.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная 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 в рублях как:

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

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

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

Месячный оклад:

$$ЗП_{\text{инж}}^{\text{м}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.4)$$

$$ЗП_{\text{нр}}^{\text{м}} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.5)$$

где  $ЗП_{\text{инж}}^{\text{м}}$  – месячная заработная плата инженера;

$ЗП_{\text{нр}}^{\text{м}}$  – месячная заработная плата научного руководителя;

$ЗП_0$  – месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 26300 руб.);

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

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

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

$$ЗП_{\text{нр}}^{\text{м}} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб}.$$

Фактическая заработная плата рассчитывается в рублях:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \quad (6.6)$$

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

21 – среднее число рабочих дней в месяце;

$n^{\phi}$  – фактическое число дней в проекте.

Инженер:

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{24310}{21} \cdot 90 = 104185,7 \text{ руб.}$$

Научный руководитель:

$$ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{37609}{21} \cdot 9 = 16118 \text{ руб.},$$

$$K_{з/пл} = 104185,7 + 16118,1 = 120303,8 \text{ руб.}$$

#### 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).

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

$$K_{с.о} = K_{з/пл} \cdot 0,3, \quad (6.7)$$

$$K_{с.о} = 120303,8 \cdot 0,3 = 36091,14 \text{ руб.}$$

### 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.

$$K_{np} = (K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о}) \cdot 0,1, \quad (6.8)$$

$$K_{np} = (1000 + 1232,87 + 120303,8 + 36091,14) \cdot 0,1 = 15862,8 \text{ руб.}$$

### 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.

$$K_{накл} = K_{з/пл} \cdot 2, \quad (6.9)$$

$$K_{накл} = 120303,8 \cdot 2 = 240607,6 \text{ руб.}$$

В таблице 6.2 представлена смета затрат на проект.

Таблица 6.2 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	1232,87
Затраты на заработную плату	120303,8
Затраты на социальные нужды	36091,14
Прочие затраты	15862,8
Накладные расходы	240607,6
<b>Итого:</b>	<b>415098,21</b>

### 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 – Затраты на оборудование

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
ПЛК ОВЕН 63	13000	1
ТСМ Метран 203	695	1
ТСМ Метран 204	750	1
Исполнительный механизм	19000	1
Блок управления	4130	1
Кабель КРВБГ 4x1	1150	1
Кабель АКРВБГ 4x2,5	875	1
Кабель КРВБГ 5x1,5	500	1
Компьютер	25000	1
<b>Итого</b>	<b>65100</b>	<b>9</b>

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

$$K_{\text{монт}} = 0,2 \cdot I_{\text{обор}} , \quad (6.10)$$

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

$$K_{\text{монт}} = 0,2 \cdot 65100 = 13020 \text{ руб.}$$

### 6.4 Расчет годовых эксплуатационных издержек

Годовые эксплуатационные издержки рассчитаем по формуле:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{рем}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{с.о}} , \quad (6.11)$$

где  $I_{\text{ам}}$  – затраты на амортизацию;

$I_{\text{рем}}$  – затраты на текущий ремонт;

$I_{\text{з/пл}}$  – затраты на зарплату обслуживающего персонала;

$I_{c.o}$  – отчисления на социальные нужды (30 % от оплаты труда).

Амортизационные отчисления при сроке службы технических средств  $T_{cc} = 10$  лет определяются по следующей формуле:

$$I_{ам} = \frac{1}{T_{cc}} \cdot I_{обор} , \quad (6.12)$$

$$I_{ам} = \frac{1}{10} \cdot 65100 = 6510 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт принимаем в размере 10 % от затрат на амортизацию:

$$I_{рем} = 0,1 \cdot I_{ам} , \quad (6.13)$$

$$I_{рем} = 0,1 \cdot 6510 = 651 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату рассчитываются в рублях как:

$$I_{з/пл} = ЗП_{опер} + ЗП_{инж} + ЗП_{монт} , \quad (6.14)$$

где  $ЗП_{опер}$  – заработная плата оператора;

$ЗП_{инж}$  – заработная плата инженера КИПиА;

$ЗП_{монт}$  – заработная плата слесаря-монтажника.

Месячный оклад:

$$ЗП_{опер}^м = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2 , \quad (6.15)$$

$$ЗП_{инж}^м = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2 , \quad (6.16)$$

$$ЗП_{монт}^м = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2 , \quad (6.17)$$

где  $ЗП$  – месячный оклад, руб;

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

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

Тогда месячный оклад будет равен:

$$ЗП_{опер}^м = 15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 21450 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{инж}^м = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.},$$

$$3\Pi_{\text{монт}}^M = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.}$$

Годовая зарплата обслуживающего персонала будет равна:

$$I_{\text{з/пл}} = 12 \cdot 3\Pi \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.18)$$

$$I_{\text{опер}} = 12 \cdot 15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 257400 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{инжс}} = 12 \cdot 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 514800 \text{ руб.}$$

Работа слесаря-монтажника один месяц.

Затраты на заработную плату будут равны:

$$I_{\text{з/пл}} = 257400 + 514800 + 42900 = 815100 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды составляют 30 % от фонда оплаты труда:

$$I_{\text{соц}} = I_{\text{з/пл}} \cdot 0,3, \quad (6.19)$$

$$I_{\text{соц}} = 815100 \cdot 0,3 = 244530 \text{ руб.}$$

Годовые эксплуатационные расходы составят:

$$I_{\text{год}} = 6510 + 651 + 815100 + 244530 = 22680052,1 \text{ руб.}$$

## 6.5. Расчет экономической эффективности

Энергосбережение на предприятии может составлять 20-25 % от суточного потребления электроэнергии [30]. Тогда предел годовой экономии:

$$\Delta \mathcal{E}_y = 365 \cdot \Delta \mathcal{E} \cdot \tau_y, \quad (6.20)$$

где  $\Delta \mathcal{E} = 3000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  – экономия электроэнергии;

$\tau_y = 4,848 \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$  – тариф за электроэнергию.

$$\Delta \mathcal{E}_y = 365 \cdot 3000 \cdot 4,848 = 5308560 \text{ руб.}$$

Тогда годовой эффект будет равен:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 5308560 \text{ руб.},$$

Срок окупаемости капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{I_{пр} + I_{обор} + I_{монт}}{\mathcal{E}_{год} - I_{год}}, \quad (6.21)$$

$$T_{ок} = \frac{415098,21 + 65100 + 13020}{5308560 - 1066791} = 0,12 \text{ года} = 44 \text{ дня.}$$

В данном разделе был проведен расчет АСР температуры воды водооборотного цикла. Для этого были решены следующие задачи:

- 1) составлен перечень работ и произведена оценка времени их выполнения;
- 2) составлена смета затрат на проект;
- 3) составлена смета затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта;
- 4) произведен расчет годовых эксплуатационных издержек;
- 4) определен экономический эффект.

Срок окупаемости данного проекта составляет 44 дня. Использование такого проекта в производстве смол будет являться экономически эффективным, показатель экономической эффективности составил 5 308 560 рублей в год.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б4В	Суворовой Александре Витальевне

<b>Учебное подразделение</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>НОЦ</b>	<b>И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Создание автоматизированной системы регулирования температуры воды в водооборотном цикле производства смол.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов, которые может создать объект исследования 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при исследовании и разработке проекта	В результате выполненной работы были выявлены следующие вредные факторы при разработке и эксплуатации системы: - шумы и вибрации; - недостаточная освещенность помещения. Возможные опасные факторы: - поражение электрическим током; - пожаро- и взрывоопасность. Для работы были использованы такие законодательные и нормативные документы, как: СанПин, СНиП, ГОСТ, НПБ.
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Рассмотрено влияние рассматриваемого объекта исследования на окружающую среду, определены методы минимизации ущерба окружающей среде.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация — это пожар. Для предупреждения возникновения ЧС необходимо соблюдение правил ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Отражены правовые норма трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	23.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б4В	Суворова Александра Витальевна		

### Введение

В основе бизнеса для обеспечения благополучия общества должна лежать социальная ответственность. Обычно в большей части годовых отчетов указывается, что было сделано компанией на улучшение социальных условий в целом. Инвесторы используют концепцию социальной ответственности при выборе компаний, которые наиболее подходят их сотрудникам, не загрязняют окружающую среду и производят нужную продукцию людям. Социальная ответственность подразделяется на индивидуальную и корпоративную. К корпоративной социальной ответственности относится такая концепция, организации которой учитывают интересы общества, берут на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие интересы общественной сферы. Индивидуальная ответственность является такой концепцией, которая возлагает на себя ответственность за деяние одного человека.

К социальным вопросам на производстве относятся работы по охране труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях.

Системой сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, которые включают в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия называют охраной труда. Главной задачей охраны труда, является создание условий для безопасной трудовой деятельности человека, т.е. создание таких условий труда, которые исключают воздействия вредных факторов производства на рабочих [31].

В данной работе спроектирована автоматизированная система регулирования температуры воды в водооборотном цикле производства смол. Данная система предполагает установку градирни, насосов и работу в

автоматизированном режиме. Использование данной системы на практике является очень актуальным, так как в применении водооборотной системы снижается потребление воды. Пользователями данной системы могут выступать частные предприниматели, а также государство. Для обеспечения работоспособности системы необходим оператор, который будет отслеживать температуру воды на выходе из градирни в производство и осуществлять регулирование температуры при ее отклонении от заданного значения за счет поверхностного подогрева/охлаждения. При выполнении этих работ на оператора могут воздействовать следующие вредные факторы:

- 1) повышенный уровень шума на рабочем месте;
- 2) повышенный уровень вибрации;
- 3) микроклиматические условия рабочей зоны;
- 4) электробезопасность;
- 5) освещение рабочего места.

## 7.1 Производственная безопасность

### 7.1.1 Шум и вибрация

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху [32]. Повышенный уровень шума в производственном помещении возможен за счет несоблюдения требований к монтажу составляющих градирни или технических средств автоматизации. Известно, что шум непосредственно ухудшает условия труда, оказывая на организм вредное воздействие, снижает эффективность и производительность труда. При длительном воздействии на организм шума, превышающего нормативные значения, осуществляется воздействие на нервную систему человека, органы слуха, повышается кровяное давление, способствующее возникновению сердечно-сосудистых

заболеваний. Как результат, снижается производительность труда и ухудшается качество работы персонала.

Вибрацией называются механические колебания, оказывающие ощутимое воздействие на человека. Последствия неблагоприятного воздействия вибрации: риски (вероятности) проявления различных патологий вплоть до профессиональной вибрационной болезни; показатели физической нагрузки и нервно-эмоционального напряжения; влияние сопутствующих факторов, усугубляющих воздействие вибрации (охлаждение, влажность, шум, химические вещества и т.п.). В следствии снижает производительность труда.

Градирня представляет собой сооружение, в которой шум и вибрация может создаваться вентиляторной установкой с приводом и движением воды. Также шум и вибрация может создаваться за счет АРМ оператора, в которой находится техника необходимая для работы.

Меры для снижения шума: разработка шумобезопасной техники, применение средств и методов коллективной защиты (противошумные наушники, шлемы, каски, костюмы; совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин), применением средств индивидуальной защиты, проверка точности сборки деталей при ремонте, предотвращение работы с перегрузкой.

Для уменьшения вибрации должны обеспечиваться следующие мероприятия:

- соблюдение правил и условий эксплуатации машин;
- использование амортизирующих прокладок и специальных фундаментов;
- совершенствование режимов работы машин и элементов производственной среды;
- применением средств индивидуальной защиты от вибрации;

– введение и соблюдение режимов труда и отдыха, в наибольшей мере снижающих неблагоприятное воздействие вибрации на человека.

### 7.1.2 Микроклиматические условия рабочей зоны

Микроклиматические условия – это значение температуры воздуха, его относительная влажности, атмосферного давления, скорость и направление движения воздуха и т.д. Значение данных параметров для рабочей зоны устанавливаются в соответствии с оптимальными и допустимыми значениями согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и местное ощущение теплового комфорта в течение рабочего дня, не вызывают нарушений в состоянии здоровья, формируют предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Соблюдение оптимальных величин показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений является одной из важнейших задач предприятий. К таким помещениям относятся комнаты, где располагаются операторы, чья работа связана с нервно-эмоциональным напряжением.

Помещения должны быть оборудованы приточной, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляцией, которая будет организовать равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного.

Таблица 7.1 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1
Теплый	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1–0,2

Температура воздуха в помещении должна регулироваться, учитывая нагревание воздуха тепловыми потоками различного вычислительного оборудования.

### 7.1.3 Освещение

Создание оптимальной световой среды занимает важное место по созданию условий труда для рабочего места, оснащенного персональными компьютерами. Такая оптимальная среда представляет собой правильную организацию естественного и искусственного освещения в помещениях, предназначенных для размещения рабочих мест.

Естественное освещение обеспечивается световыми проемами, которые должны быть преимущественно ориентированы на север и северо-восток. При невозможности расположения световых проемов данным образом, нужно предусмотреть эффективные средства регулирования интенсивности естественного освещения. Такими средствами для оконных проемов могут служить жалюзи, занавеси, внешние козырьки и т.п.

Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться с помощью системы равномерного освещения. В качестве источников местного освещения могут быть использованы светильники, которые позволяют избежать возникновения бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность рабочего места. При искусственном освещении, необходимо использовать преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Необходимо проводить очистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз за год, осуществлять своевременную замену перегоревших ламп, что позволит обеспечить нормируемые значения освещенности.

#### 7.1.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий, а также средств, выполняющих защиту людей от опасного воздействия электрического тока, электромагнитного поля и электростатических разрядов [33].

Техническим обслуживанием электроустановок занимаются электромонтеры или электрослесари, прошедшие проверку знаний по технике безопасности и имеющие необходимую квалификационную группу.

Инженер-электрик – это рабочий, ответственный за технику безопасности, обязан проводить регулярные инструктажи по безопасным методам работы с электротехническими установками при техническом обслуживании, заниматься обучением рабочих правилам безопасного пользования оборудованием, инструментами, приспособлениями, проверять техническое состояние оборудования, инструментов, приспособлений, защитных средств, следить за санитарным состоянием помещения участка ремонта электрооборудования и передвижных электроремонтных мастерских.

Все защитные средства подвергаются проверке перед эксплуатацией, а в дальнейшем проверяются через нормированные промежутки времени. Чаще всего технические ремонты электрооборудования производят при полностью отключенной от сети электроустановке. В противном случае, принимают меры, которые исключают ошибочную подачу напряжения к месту, где ведутся работы по ремонту.

Испытание отремонтированных электрических машин и аппаратов под напряжением проводят в случае, если это предусматривает технология проверки.

Все работы, проводимые при техническом обслуживании электрооборудования, следует выполнять в соответствии с Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Для обеспечения электробезопасности при работе с персональным компьютером на АРМ оператора должны выполняться следующие требования:

- необходима отдельная сеть электроснабжения для электропитания компьютера;
- периферийное оборудование следует подключать непосредственно к линиям электроснабжения компьютерных сетей;
- запрещается подключать оборудование, не предназначенное для работы с персональным компьютером в линии электроснабжения компьютерной сети.

Обслуживание оборудования на рабочих местах должно выполняться подготовленными специалистами, которые имеют квалификацию инженера (техника), или сторонней специализированной организацией.

#### 7.1.5 Пожаробезопасность

Пожарная безопасность объекта – это состояние объекта, которое характеризуется возможностью предотвратить возникновение и развития пожара, а также минимизировать, либо полностью исключить воздействие на людей и имущество опасных факторов пожара. Пожарная безопасность эксплуатируемых объектов должна обеспечиваться специализированными системами предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Согласно пожарным нормативам НПБ 105-03 в зависимости от количества, а так же характеристики обращающихся в производстве веществ, по пожарной и взрывной опасности производят разделения на категории А, Б, В, Г, Д. Рабочая и аварийная вентиляция предотвращают образование взрывоопасной среды в помещениях с категорией А и Б. Расчет количества веществ, поступающих в помещение определяет необходимый расход воздуха, подаваемого в помещение для обеспечения предельно допустимой взрывобезопасной концентрации паров и газов.

В данном проекте в целях пожарной безопасности предусмотрена пожарная сигнализация на лицевой дверце щита управления АСР.

Помимо наличия пожарной сигнализации, в обязательном порядке в помещении должно присутствовать специальное оборудование по устранению пожара: огнетушители, пожарный инвентарь (покрывала из негорючего теплоизоляционного полотна или войлока, ящики с песком, бочки с водой, пожарные вёдра, совковые лопаты) и пожарный инструмент (крюки, ломы, топоры). В случае срабатывания пожарной сигнализации, необходимо немедленно вызвать пожарную бригаду, после чего незамедлительно принять меры к тушению возгорания.

Одним из важнейших аспектов пожарной безопасности, помимо наличия специальной сигнализации и специально предусмотренного оборудования является:

- 1) прохождение каждым сотрудником инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, наличие навыков и знание последовательности действий в случае возникновения пожара;
- 2) каждый член обслуживающего персонала должен быть проинформирован о местонахождении средств пожаротушения, а также средств связи;
- 3) наличие на стенах производственных помещений планов эвакуации (с обязательным отображением путей аварийной эвакуации).

## 7.2 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) — это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их

естественного среднемноголетнего уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям [34].

Распространение водного аэрозоля и выбросы капель оборотной воды в атмосферу, осаждение их на почву и на поверхности окружающих объектов являются источниками загрязнения атмосферы. В каплях могут содержаться ингибиторы коррозии, накипеобразования и химические реагенты для предотвращения биологических обрастаний, которые добавляются в оборотную воду. Также в каплях могут содержаться бактерии, вирусы, грибы, микроорганизмы. Некоторые микроорганизмы способны размножаться в градирне при благоприятных условиях [35].

Работающая градирня выбрасывает в атмосферу огромное количество воздуха, содержащего капли воды. Вместе с парами в окружающую среду уходит около 95% тепла, отводимого от охлаждаемого оборудования. Парниковый эффект – это повышение температуры нижних слоев атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой, то есть температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса. В наше время парниковый эффект в среднем до 78% обусловлен парами воды и только на 22% углекислым газом [36].

Выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ – один из основных факторов, обуславливающих изменение химического состава атмосферы и ее теплового баланса.

Негативное влияние вредных компонентов на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на сотни и тысячи километров. Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

Для снижения водных потерь из градирни необходимо регулировать скорость охлаждающего воздушного потока. За счет изменения скорости движения воздушных масс внутри градирни, изменения положения наклона

лопастей вентилятора и изменения числа оборотов его электродвигателя регулируют интенсивность теплообмена в градирне. Регулировку осуществляют в зависимости от перепада температур до и после теплообменника. Так как при значительном увеличении скорости охлаждающего воздушного потока происходит выброс из градирни капель воды, частоту вращения вентилятора в градирне ограничивают [37].

В градирне охлаждаемая вода подается по входной трубе в форсунки и разбрызгивается. Капли воды падают вниз и охлаждаются окружающим воздухом, который под напором ветра перемещается перпендикулярно к направлению движения капель воды. Наклонные жалюзи являются препятствием выносу капель воды из полости башни и обеспечивают снижение потерь воды.

Также в градирнях для сокращения объемов выбрасываемой в атмосферу воды используются специальные водоулавливающие устройства, основанные на инерционном осаждении капель влаги на специальных приспособлениях.

Таким образом, для снижения выбросов веществ в атмосферу реализуются выполнение природоохранных мероприятий; использование мероприятий по энергосбережению; стимулирование развития научных исследований и практического применения новейших научных достижений и научно-технических разработок.

### 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [38].

В настоящее время основными способами защиты населения, в том числе и производственного персонала, являются:

- 1) укрытие в защитных сооружениях;
- 2) проведение эвакуационных мероприятий;
- 3) использование средств индивидуальной защиты.

При работе градирни могут возникнуть некоторые чрезвычайные ситуации такие, как выход из строя двигателя, поломка вентилятора, воспламенение нагревательных элементов.

Крайне опасно для работы электродвигателя наличие влаги внутри его корпуса. Влага внутри двигателя может появиться как вследствие его попадания во влажное или мокрое состояние, так и за счет конденсации влаги из воздуха. Двигатели при продолжительной работе будут поддерживать температуру значительно выше атмосферной, что будет препятствовать конденсации влаги вблизи и на обмотках, даже если влажность вокруг очень высокая. Однако выведенные из эксплуатации двигатели быстро накапливают влагу, если температура воздуха внутри них опускается ниже точки росы. Попадание влаги на обмотки грозит их обрывом или межвитковым замыканием, что ведет к выходу из строя двигателя [7].

Назначением погружных нагревателей для резервуара является предотвращение замерзания воды в резервуаре градирни в периоды отключения и простоя. Нагреватель нельзя использовать при отсутствии воды в резервуаре, он может раскалиться, что приведет к выходу из строя нагревательного элемента и/или может вызвать пожар.

Основной причиной аварийных поломок вентиляторов является неудовлетворительная балансировка или разбалансировка крыльчаток в процессе работы, вызывающая сильную вибрацию.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в АРМ оператора, где находится большое количество вычислительных устройств, является пожар.

Рабочее помещение должно быть оборудовано рубильником, позволяющим полностью обесточить помещение, а также иметь пожарную сигнализацию, способную оповестить персонал о возникновении чрезвычайной ситуации.

Противопожарные мероприятия:

– помещение было оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; проверена исправность электрической проводки осветительных приборов и электрооборудования;

– каждый сотрудник знает место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнит номера телефонов для сообщения о пожаре; умеет пользоваться средствами пожаротушения. Помещение обеспечено средствами пожаротушения: аэрозольный огнетушитель, углекислотный огнетушитель, ящик с песком, железные лопаты.

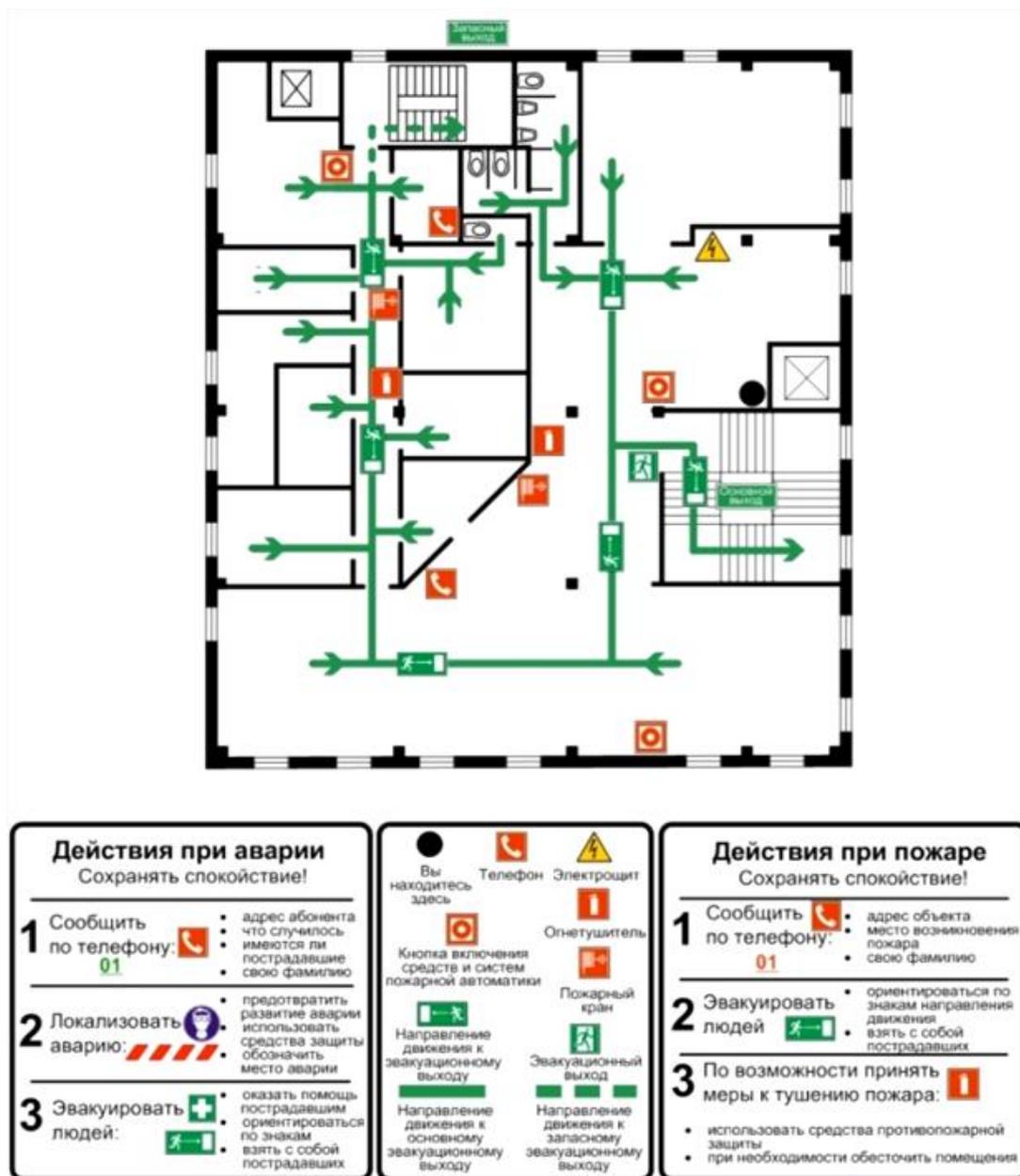


Рисунок 7.1 – План эвакуации из производственного помещения

#### 7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства является Конституция, т. е. законы и правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить ей.

Существуют принятые нормы в области охраны труда:

1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат

производственной деятельности предприятия;

- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Оператор обязан проходить инструктаж по технике безопасности раз в 3 месяца, также соблюдать правило пожарной безопасности, не оставляя градирню без присмотра. Предприятие, к которому относится градирня, должно обеспечить оператора спецодеждой, спец-обувью и другими средствами защиты. Остановка градирни во всех случаях, кроме аварийной остановки, должна производиться после получения на это распоряжения администрации предприятия. В конце рабочего дня оператору необходимо сдать дежурство, сделав отметку в журнале. Также, оператору должны выдаваться средства индивидуальной защиты дыхательных путей.

Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- 1) на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов;
- 2) на возмещение вреда, причиненного увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей;
- 3) на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя и др.

Также, для комфортной работы помещение должно соответствовать нормам освещения. Рабочее место должно быть оснащено обеденным местом и средствами гигиенического ухода.

## 7.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В заключение всего вышперечисленного хочется отметить основную задачу, поставленную данным разделом, – формирование у индивида социальной ответственности перед другими людьми и окружающей его

средой обитания, а также необходимости выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира.

Преимуществом данной разработки является автоматизация подачи воды для регулирования температуры в водосборный бассейн градирни. Автоматизированная система уменьшит количество обслуживающего персонала.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- в работе рассмотрена социальная ответственность предприятия (корпоративная социальная ответственность), указаны пагубные воздействия на окружающую среду;

- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;

- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;

- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению, а также приведены регламентированные требования по поведению персонала при ЧС;

- отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Социальная роль разработки АСР температуры воды – снижение пагубных факторов на окружающую среду.

## Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы разработана автоматизированная система регулирования температуры воды водооборотного цикла производства смол.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был произведен обзор литературы и разработан комплект проектной документации, который содержит заказную спецификацию приборов и средств автоматизации и схемы: структурную, функциональную, принципиальную электрическую, общего вида щита автоматизации.

Проект сопровождается пояснительной запиской, содержащей подробное описание основных приборов и средств автоматизации, расчетами надежности системы и мнемосхемой, которая позволяет регулировать температуру воды. При выборе приборов, руководствовались каталогами и сайтами производителей.

Также выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором рассчитана сумма затрат на реализацию проекта (415098,21 руб.) и сумма затрат на оборудование (65100 руб.), а рассчитанная эффективность проекта составила 5308560 рублей, что говорит об эффективности реализации данного технического проекта.

## Список использованных источников

- 1) Алгоритмическое обеспечение энергосберегающих приводов водооборотного охлаждения с вентиляторными градирнями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electrical-engineering.ru/issues/2015/2015-4-6.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 2) Приготовления смол, применяемых в производстве древесноволокнистых плит. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pereosnastka.ru/articles/prigotovleniya-smol-primenyaemykh-v-proizvodstve-drevesno-voloknistykh-plit> свободный. – Загл. с экрана.
- 3) Водооборотные системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://acs-nnov.ru/vodooborotnie-sistemi.html> свободный. – Загл. с экрана.
- 4) Проекты автоматизации вентиляторных градирен. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cta.ru/cms/f/352122.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 5) Повышение энергоэффективности водооборотных систем предприятий при оптимизации управления градирнями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/povyshenie-energoeffektivnosti-vodooborotnyh-sistem-predpriyatiy-pri-optimizatsii-upravleniya-gradirnyami> свободный. – Загл. с экрана.
- 6) Обеспечение энергоэффективности водооборотных систем с вентиляторными градирнями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ucom.ru/doc/nv.2016.03.065.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 7) Градирни. Паспорт на компактные вентиляторные градирни для систем оборотного водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kpsk.ru/pdf/gradirnya.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 8) Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 120 с.

- 9) Ключев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
- 10) Термопреобразователи сопротивления медные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mtn.nt-rt.ru/images/manuals/203,204.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 11) ТС – Термометры сопротивления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/production/temperature/ts.php> свободный. – Загл. с экрана.
- 12) Термопреобразователи сопротивления платиновые и медные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.omsketalon.ru/?action=tsp9201\\_tsm9201](http://www.omsketalon.ru/?action=tsp9201_tsm9201) свободный. – Загл. с экрана.
- 13) Контроллеры SIMATIC S7-200. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.siemens-ru.com/taxonomy/term/12> свободный. – Загл. с экрана.
- 14) ВЭСТ-02. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://npowest.ru/index.php?p=21&id=19> свободный. – Загл. с экрана.
- 15) ПЛК63 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.owen.ru/uploads/rie\\_plk63\\_1001.pdf](http://www.owen.ru/uploads/rie_plk63_1001.pdf) свободный. – Загл. с экрана.
- 16) Механизмы исполнительные электрические однооборотные. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/docs/re/53-10-2017.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 17) Руководство по эксплуатации ПБР-2М. Пускатель бесконтактный реверсивный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tps21.ru/magazin/pribory-upravleniya-tehprotsessami/pbr-2m.html> свободный. – Загл. с экрана.

18) ПЛК63 Схемы подключения технических средств измерения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.owen.ru/uploads/re\\_plc63\\_1633.pdf](http://www.owen.ru/uploads/re_plc63_1633.pdf) свободный. – Загл. с экрана.

19) Резисторы постоянные прецизионные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.elmicom.ru/res\\_3.shtml](http://www.elmicom.ru/res_3.shtml) свободный. – Загл. с экрана.

20) Компьютерная техника, радиоэлектроника, электрика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radiolubitel.net/index.php/elektronika/337-rezistor> свободный. – Загл. с экрана.

21) Интерфейсы RS-485, RS-422 и RS-232. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_3.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx) свободный. – Загл. с экрана.

22) Пусковые и управляющие устройства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.elkont.ru/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=170&sobi2Id=474&Itemid=55](http://www.elkont.ru/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=170&sobi2Id=474&Itemid=55) свободный. – Загл. с экрана.

23) ООО «Электропоставщик». Кабельно-проводниковая продукция, кабель КРВГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/cable/group-akrvbg.php> свободный. – Загл. с экрана.

24) ООО «Электропоставщик». Кабельно-проводниковая продукция, кабель КРВГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/cable/group-krvg.php> свободный. – Загл. с экрана.

25) Щиты шкафные малогабаритные с монтажной панелью. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ugka.ru/produkcija/korpUSA\\_witov/wity\\_shkafnye\\_malogabaritnye/](http://ugka.ru/produkcija/korpUSA_witov/wity_shkafnye_malogabaritnye/) свободный. – Загл. с экрана.

26) Надежность технических систем и техногенный риск. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/4.html> свободный. – Загл. с экрана.

27) Вероятность безотказной работы. Вероятность отказа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://libraryno.ru/1-2-veroyatnost-bezotkaznoy-raboty-veroyatnost-otkaza-teor\\_nadejnosti/](http://libraryno.ru/1-2-veroyatnost-bezotkaznoy-raboty-veroyatnost-otkaza-teor_nadejnosti/) свободный. – Загл. с экрана.

28) Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://normative\\_reference\\_dictionary.academic.ru/65101/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC](https://normative_reference_dictionary.academic.ru/65101/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC) свободный. – Загл. с экрана.

29) Постоянно включенный резерв. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/1763996/> свободный. – Загл. с экрана.

30) Энергосбережение на предприятии — время эффективного подхода к ресурсам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energylogia.com/business/municipality/jenergoberezhenie-na-predpriyatii.html> свободный. – Загл. с экрана.

31) Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебное пособие для вузов. – Москва: Изд-во Высшей школы, 2009. – 335 с.

32) Шум это. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://baumanki.net/definition-133.html> свободный. – Загл. с экрана.

33) Долин П.А. Техника безопасности в электроэнергетических установках: справочное пособие. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.

34) Загрязнение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5> свободный. – Загл. с экрана.

35) Градирни в системах промышленного водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://injection.ru/statiy/gradirnya/> свободный. – Загл. с экрана.

36) Экологическая оценка способов охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2016/fmf/vasylieva/library/article2.pdf> свободный. – Загл. с экрана.

37) Способ снижения водных потерь из градирни и градирня для его реализации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2519292> свободный. – Загл. с экрана.

38) Жуков В.И. Горбунова Л.Н. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2014. – 392 с.

**Приложение А**  
**Заказная спецификация приборов и средств автоматизации**

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол		
1	2	3	4		
1а	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 50М, класс допуска В, монтажная длина 200 мм. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск	ТСМ Метран-203	1		
2а	Контроллер программируемый, логический, микропроцессорный, количество входов – 8 аналоговых и 8 дискретных, количество выходов – 6 (1 – з/м реле, 4 А, 220 В; 5 – ЦАП, 0...10 В). ОАО «ОВЕН», г. Москва	ОВЕН/К63	1		
2б	Пускатель бесконтактный реверсивный. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары	ПБР-2М	1		
2в	Механизм электроисполнительный однооборотный. в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки – 2015. ОАО «СКБ СПА», г. Чебоксары.	МЭО-250/25-0,25-Р-99	1		
3а	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 50М, класс допуска В, монтажная длина 200 мм. Промышленная группа «Метран», г. Челябинск	ТСМ Метран-203	1		
<b>ФЮРА.421000.011 С01</b>					
Исполнил	Суворова А.В.	Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад	Лист	Листов
Проверил	Медведев В.В.		ТРП	1	1
			ТПУ	ИШЭ	
			Группа	564В	