

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Механико-технологический факультет
Кафедра машиностроения, автоматизации и электроэнергетики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2018г.

Разработка автоматизированной системы управления агрегата для термической
обработки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.04.2018.085.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2018 г.

Руководитель работы
к.т.н., доцент
_____ Р.Г. Закиров
_____ 2018 г.

Автор работы
студент группы ДО-506
_____ А.В. Цой
_____ 2018 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ Ю.В. Константинов
_____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Цой А.В. Разработка автоматизированной системы управления агрегата для термической обработки – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», МТ; 2018 г. – 75 с., 14 ил., библиогр. список – 17 наим., 1 плакат ф. А1, 6 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы разработки автоматизированной системы управления агрегата для термической обработки на базе программируемого логического контроллера. Проведен аналитический обзор существующего автоматизированного оборудования для термической обработки, выявлены основные направления развития систем управления термическими процессами на базе микропроцессорной и компьютерной техники, проанализирована управляемость технологическими параметрами агрегата.

На основе анализа объекта автоматизации была разработана структура и алгоритм работы системы управления агрегатом, сконструированы и спроектированы система управления автоматизированным агрегатом термической для обработки и устройство автоматического регулирования температуры в электропечах агрегата, наиболее удовлетворяющие современным требованиям термической обработки.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы обеспечения безопасных условий труда на автоматизированном участке, проведен расчет защитного зануления агрегата и разработаны мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь.

Ожидаемый экономический эффект от использования агрегата для термической обработки с разработанной автоматизированной системой управления составляет – 364,6 тыс. руб.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Цой А.В.			Разработка автоматизированной системы управления агрегата для термической обработки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Закиров Р.Г.					4	75
Н. конт.		Константинов Ю.В.			ФГАОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) Кафедра МАЭ			
УТВ.		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ	9
1.1 Характеристика устройства агрегата для термической обработки и принцип его работы	9
1.2 Анализ тенденций развития систем управления термическими процессами на базе микропроцессорной и компьютерной техники .	13
1.3 Анализ управляемости технологическими параметрами агрегата	15
1.4 Обзор современных компьютерных систем управления.....	17
1.5 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.....	19
Выводы по разделу один	23
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	25
2.1 Разработка структуры системы управления агрегатом.....	25
2.2 Разработка подсистемы автоматического регулирования температуры в электропечах агрегата	25
2.2.1 Определение математической модели устройства регулирования температуры в электропечах агрегата	25
2.2.2 Выбор способа регулирования	28
2.2.3 Выбор технической реализации регулятора	29
2.3 Проектирование и конструирование устройства автоматического регулирования температуры в электропечах	30
2.3.1 Моделирование устройства регулирования температуры.....	30
2.3.2 Разработка схемотехники устройства регулирования температуры	41
2.3.4 Расчёт безотказности устройства регулирования температуры	46
Выводы по разделу два.....	47
3 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ.....	49
3.1 Разработка алгоритма управления агрегатом	49
3.2 Выбор устройства управления.....	49
3.3 Выбор датчиков позиционирования	54
3.4 Выбор датчиков температуры	56
Выводы по разделу три	57
4 ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	59
4.1 Эффективность автоматизированного агрегата.....	59
4.2 Определение экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса	59
4.3 Расчет вспомогательных показателей.....	60
4.4 Расчет суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам	61
4.5 Расчет отдельных статей себестоимости.....	63
4.6 Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса.....	64

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Выводы по разделу четыре	65
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	66
5.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке.....	66
5.1.1 Организационно-технические мероприятия	66
5.1.2 Технические мероприятия	67
5.2 Расчет защитного зануления.....	68
5.3 Мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь	71
Выводы по разделу пять.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	75

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производственных процессов с каждым годом углубляется и расширяется во многих отраслях промышленности, захватывает народное хозяйство, а также другие сферы. Современные машиностроительные заводы уже немыслимы без автоматических линий, установок, станков с ЧПУ, роботов и другого автоматизированного оборудования – все это значительно облегчило труд рабочих, снизило показатели травматизма на рабочем месте и т.д. Автоматизация производственных процессов позволяет резко повысить их производительность без потери качества выпускаемой продукции, использовать более рационально трудовые ресурсы, что в свою очередь приводит к экономии энергии и дает огромный экономический эффект, который всегда был главным показателем новой техники, а сегодня, в условиях рыночной экономики – тем более.

Автоматизация производственных процессов имеет, конечно, и свои недостатки. Такие как безработица, появление новых опасных и вредных факторов, свойственных внедряемому оборудованию, но это решаемые проблемы. Основной же проблемой является то, что все предприятия и различные научные институты и лаборатории находятся в глубоком экономическом кризисе, что очень тормозит развитие научной мысли и введение новейших технологий в производство.

В целом же можно сказать, что автоматизация – это основное направление технического прогресса всего общества.

Актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы состоит в следующем. Процесс автоматизации машиностроения идет уже не одно десятилетие и оборудование, изготовленное несколько лет назад, уже морально устаревает. Если рассмотреть базовый комплект агрегата для термической обработки, то он имеет устройства управления, состоящие из реле, электромеханических счетчиков и т.д. Эти элементы электроавтоматики менее надежны, сложны в изготовлении и стоят дороже, трудоемки в переналадке на другие алгоритмы управления, имеют малое быстродействие и т.д.

Предлагаемый контроллер в качестве системы управления, лишен многих недостатков, значительно меньше по габаритным размерам, энергопотреблению и стоимости, также данный контроллер имеет устройство связи с персональным компьютером типа IBM PC. Кроме того, он имеет возможность расширения по числу входных и выходных сигналов.

Появление микропроцессорных средств обеспечило гибкую программную и программно-аппаратную реализацию алгоритмов функционирования СУ. Появилась возможность без особых затруднений вносить изменения и дополнения в управляющую программу.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности агрегата для термической обработки, качества закаливаемых деталей, облегчения труда оператора.

Таким образом, для достижения указанной цели нужно решить следующие задачи:

- 1) разработать автоматизированную систему управления;

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- 2) разработать способ регулирования температуры;
- 3) обеспечить четкое управление технологическими параметрами для качественной термической обработки деталей.

Объектом является агрегат для термической обработки, предметом – система управления агрегатом.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Характеристика устройства агрегата для термической обработки и принцип его работы

Агрегат предназначен для закалки в масле и последующего высокого отпуска углеродистых и легированных стальных штамповок, отливок и т.д. массой до 40 кг с максимальным диаметром 350 мм, максимальной длиной 160 мм и максимальной массой 40 кг.

В состав агрегата входят (рисунок 1.1): электропечь толкательная, бак закалочный, электропечь конвейерная, бак замоченный, система гидравлическая, пульты управления, шкафы управления.

В агрегате для термической обработки происходят следующие технологические процессы: закалка в масле и высокий отпуск.

Закалка – это термическая обработка, заключающаяся в нагревании стали до температуры выше критической или температуры растворения избыточных фаз, выдержке и последующем охлаждении со скоростью превышающей критическую.

Инструментальные стали подвергают закалке в основном для повышения твердости, износостойкости и прочности, а конструкционные для повышения прочности, твердости, достаточно высокой пластичности и вязкости, износостойкости.

Чтобы уменьшить хрупкость и напряжения, вызванные закалкой, стальные изделия во второй электропечи подвергают высокому отпуску.

Высокотемпературный отпуск проводят при температуре 500-680 °С. Отпуск полностью или частично устраняет внутренние напряжения, возникшие при закалке. Чем меньше скорость охлаждения после отпуска, тем меньше остаточных напряжений.

Основной частью агрегата являются конвейерные электропечи, назначение которых закалка в масле и высокий отпуск.

Рассмотрим принцип работы агрегата

Перед пуском агрегата все механизмы должны находиться в исходном положении, печи разогреты до рабочей температуры, вентиляторы конвейерной печи включены, система маслоохлаждения должна функционировать, конвейер замоченного бака работать. Только после выполнения этих условий оператор загружает поддон изделиями и нажимает кнопку, разрешающую начало цикла. Дальнейшая работа агрегата идёт автоматически.

Оператор загружает пустой поддон, нажимает кнопку, разрешающую начало очередного цикла проталкивания поддонов. По истечении цикла реле времени подаёт команду на подъём грузочной заслонки. В крайнем положении заслонки подаётся команда на остановку заслонки и ход толкателя вперёд. Толкатель подаёт поддон в камеру печи, а вновь загруженный на его место. В крайнем положении толкателя подаётся команда на возврат толкателя назад (в исходное положение). В исходном положении толкателя подаётся команда на остановку толкателя, опускание грузочной заслонки.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

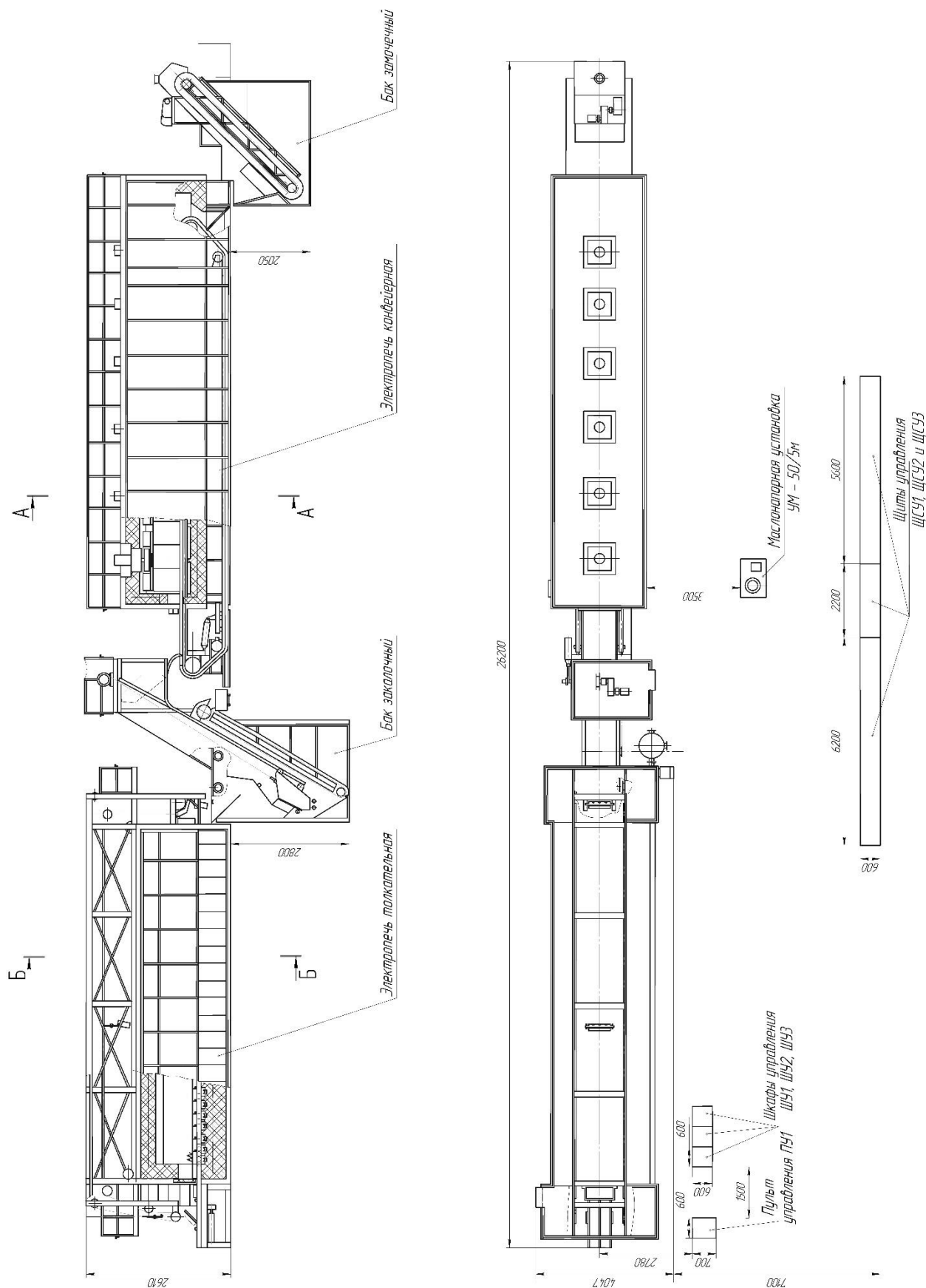


Рисунок 1.1 – Агрегат для термической обработки

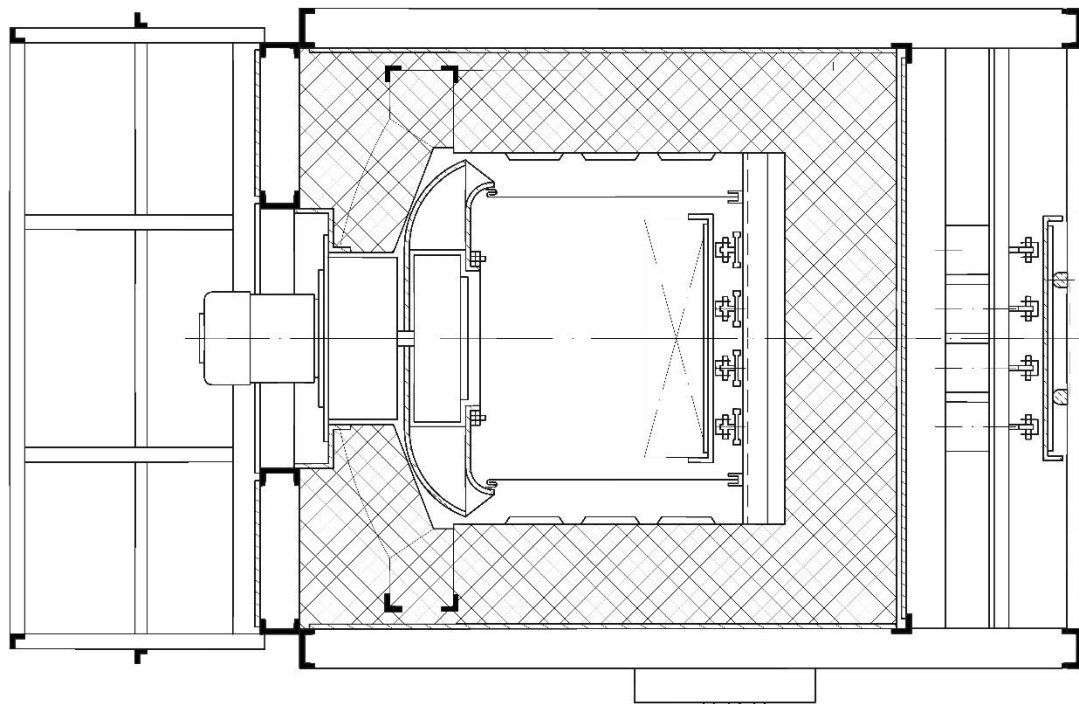
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ

Лист

10

Б - Б(1:10)



А - А(1:10)

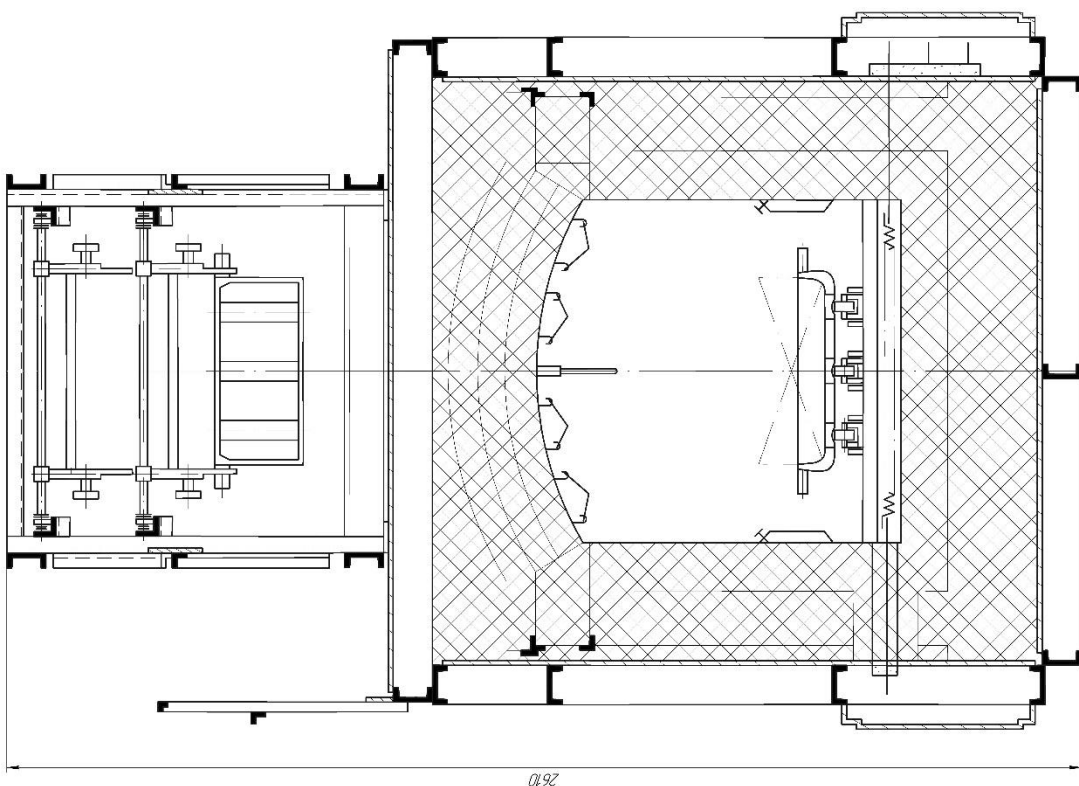


Рисунок 1.1 – Окончание

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ

Лист

11

Закрытая заслонка воздействует концевой выключатель и подаётся команда на отключение привода механизма подъёма заслонки. Одновременно выдаётся команда на подъём разгрузочной заслонки. В верхнем положении заслонки концевой выключатель отключает привод механизма подъёма заслонки и включает привод таскателя.

Таскатель заходит в печь, захватывает поддон и в крайнем положении воздействует на концевой выключатель, который подаёт команду на возврат таскателя с поддоном. Изделия высыпаются из поддона в закалочный бак. В крайнем положении таскателя отключается привод таскателя и подаётся команда на опускание разгрузочной заслонки. В нижнем положении заслонки отключается привод механизма подъёма заслонки включается конвейер возврата поддонов. При движении конвейер снимает поддон с ползунов таскателя и переносит в направлении загрузки. При этом запрещается начало очередного цикла, блокируется открывание загрузочной заслонки, чем исключается авария, связанная с заталкиванием в печь очередного поддона при неисправности разгрузочных механизмов (поддон не извлечён). Поддон, находившийся на полпути электропечи, при этом приходит на сторону загрузки и укладывается на наклонные направляющие загрузочного стола. При дальнейшем движении конвейера подаётся команда на отключение привода конвейера и включение привода поворота направляющих. Направляющие опускаются и укладывают поддон на загрузочный стол. При этом отключается привод направляющих и сигнализируется о наличии поддона на загрузочном столе.

Одновременно с ходом толкателя (назад) в исходное положение, начинается подъём тележки закалочного бака.

Необходимо следить за тем, чтобы возврат штока цилиндра таскателя в исходное положение по времени на 5...7 с был больше подъёма скиповой тележки до верхнего положения.

При движении тележки в бак при помощи кранового механизма включается элеваторный подъёмник окалины, т. е. он перемещается только в одном направлении и периодически.

Одновременно с отключением привода механизма подъёма заслонки и включением привода конвейера возврата поддонов, начинается подача масла в плунжеры натяжки конвейерной электропечи. С выдержкой времени 3...10 с отключается подача масла на плунжеры и включается гидропривод конвейера. Конвейер с изделиями перемещается в камеру электропечи. При крайнем положении цилиндра привода конвейера начинается возврат цилиндра в исходное положение. В исходном положении цилиндр отключается.

Из конвейерной электропечи изделия во время перемещения конвейера через разгрузочную горловину высыпаются в замочечный бак, где они охлаждаются в воде и с помощью конвейера выгружаются в транспортную тару.

Возможна также работа агрегата в ручном режиме.

Техническая характеристика агрегата приведена в таблице 1.1.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Таблица 1.1 – Техническая характеристика агрегата

Характеристика	Значение
Установленная мощность агрегата	976 – 1070 кВт
Установленная мощность нагревателей	940 – 1034 кВт
Номинальная температура толкательной электропечи	1000 - 1050 °С
Номинальная температура конвейерной электропечи	650 - 700 °С
Число электрических зон толкательной электропечи	4
конвейерной электропечи	4
Допустимая температура нагрева масла в закалочном баке	80 °С
Производительность при массе изделий в одном поддоне 145 кг	1300 кг/ч
Периодичность проталкивания поддонов	6.5 мин
Напряжение питающей сети	380 В
Среда в электропечах	воздух
Среда в закалочном баке	масло минеральное
Среда в замоченном баке	вода
Расход воды	36 м3/час
Удельный расход электроэнергии	0.546 кВт*ч/кг
Мощность холостого хода	151 кВт
Размеры рабочего пространства электропечь толкательная: ширина длина высота электропечь конвейерная: ширина длина высота	800 мм 900 мм 300 мм 1100 мм 11000 мм 300 мм
Масса агрегата	130 т
Масса футеровки	62.2 т

1.2 Анализ тенденций развития систем управления термическими процессами на базе микропроцессорной и компьютерной техники

В машиностроении и металлургии стоит задача термообработки изделий разных размеров. Для ответственных изделий необходимо поддержание равномерного температурного поля на всей поверхности изделия, а также точное соблюдение графика термообработки, причем этот график может иметь довольно сложную форму.

В настоящее время перед разработчиками систем управления термическими процессами стоит задача создать систему, соответствующую, а по некоторым возможностям превосходящую известные зарубежные аналоги.

Работа в условиях цеха и необходимость отображения большого объема информации привели многие предприятия к решению использовать двухуровневую систему. Также высокий уровень промышленных помех и большая протяженность компенсационных проводов от датчиков температуры требуют гальванической развязки и хорошего фильтра.

Разрабатываемая система должна в автоматическом и (или) автоматизированном режимах, используя существующие возможности управления, обеспечивать термообработку заданной марки материала при максимальной производительности электропечного агрегата с ограничениями по удельному расходу электроэнергии и сохранности оборудования за счет ограничения токов с высокой стороны печных трансформаторов.

Управление термическими процессами в мощных электропечах с помощью локальных систем автоматизации не позволяет достичь технико-экономических показателей в связи с объективным влиянием технологического персонала на ход процесса. Основным путем решения проблемы является согласованное управление всеми сторонами процесса с помощью вычислительной техники.

Для достижения поставленной задачи необходимо решить ряд вопросов, главными из которых являются:

1) проведение обследования электропечи, разработка методов и средств борьбы с помехами в информационно-измерительных каналах;

2) системотехнический синтез системы, предусматривающий максимально возможный автоматический ввод информации в систему и использование датчиков и исполнительных механизмов с высокими метрологическими характеристиками и показателями надежности;

3) выбор надежной операционной системы и базовых программных средств для создания комплекса, практически не требующего обслуживания и сопровождения;

4) выдача задания на выполнение проектов привязки;

5) сопровождение проектирования и монтажа технического обеспечения;

6) разработка и внедрение информационной подсистемы;

7) исследование электропечи с помощью информационной подсистемы, разработка адекватной объекту управления математической модели и надежных алгоритмов управления;

8) разработка программного обеспечения с акцентом на надежность и удобство интерфейса оператора;

9) отладка, опытная эксплуатация и внедрение системы в промышленную эксплуатацию;

10) обучение и подготовка для работы с системой обслуживающего и эксплуатационного персонала.

Недооценка любого из приведенных вопросов, как показывает практика, приводит к тому, что разрабатываемые АСУТП не оправдывают возлагаемых на них

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

надежд и в какой-то степени дискредитируют саму идею компьютерного управления сложными термическими процессами.

Применение двухуровневой системы в современном управлении термическими процессами дает следующие преимущества:

- 1) широкий выбор трансляторов и отладчиков;
- 2) возможность использования настольных компьютеров для написания и отладки управляющей программы без дополнительных технических средств;
- 3) наличие достаточного количества квалифицированных специалистов, знающих архитектуру IBM PC;
- 4) достаточная производительность для применения алгоритмов любой сложности.

Все это позволяет, в настоящее время, в сжатые сроки написать и отладить управляющую программу.

На многих предприятиях системы управления термическими процессами построены на программно-аппаратной базе 1993-94 годов, а выбор средств оптимизировался по критериям достижения максимальной надежности и функциональности в условиях жестких финансовых ограничений. Время подтвердило стратегическую и тактическую правильность принятых решений: переход к наиболее перспективным средствам автоматизации и вытеснение закрытых систем управления.

Дальнейшая автоматизация систем управления термическими процессами будет развиваться за счет расширения функциональных возможностей систем управления, разработки более гибкого математического и программного обеспечения с элементами искусственного интеллекта.

1.3 Анализ управляемости технологическими параметрами агрегата

Управление технологическим процессом осуществляется на основании получаемой информации – параметров, которые характеризуют какое-то свойство процесса.

В агрегате на технологический процесс влияют два важных технологических параметра: температура и скорость движения конвейерной ленты (для конвейерной печи); температура и время прогрева деталей (для толкательной печи). Поддержание температуры на заданном уровне сказывается на качестве получаемой продукции как в процессе закалки, так и в процессе высокого отпуска. Скорость движения конвейерной ленты задает общую продолжительность прогрева деталей и влияет на твердость.

Продолжительность нагрева в печи должна обеспечить прогрев изделия по сечению и завершение фазовых превращений, но не должна быть слишком большой, чтобы не вызвать рост зерна и обезуглероживание поверхностных слоев стали.

Общая продолжительность нагрева:

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_{\text{сп}} + \tau_{\text{нв}}, \quad (1.1)$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

где $\tau_{сп}$ – продолжительность сквозного прогрева до заданной (конечной) температуры;

$\tau_{ив}$ – продолжительность изотермической выдержки при данной температуре, не зависящая от форм и размера изделия.

Для определения $\tau_{общ}$ пользуются справочными данными, эмпирическими формулами, но чаще используются опытные данные, которые приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Продолжительность нагрева изделий для закалки

Условия нагрева	Продолжительность нагрева на 1 мм сечения (или толщины изделия), с		
	круглого	квадратного	прямоугольного
В электропечи	40-50	50-60	60-75

Эти данные не являются единственными, на некоторых заводах приняты следующие скорости нагрева на 1 мм сечения: в электропечи 1,5-2 с.

Величина $\tau_{ив}$ должна быть минимальной, но должна обеспечивать завершение фазовых превращений в стали и необходимую концентрацию углерода и легирующих элементов в аустените.

Продолжительность изотермической выдержки при заданной температуре для деталей машин часто принимают равной 15-25 % от продолжительности сквозного прогрева.

На термическую обработку деталей влияет также и среда нагрева. Так в электрических печах взаимодействие печной атмосферы с поверхностью нагреваемого изделия приводит к окислению и обезуглероживанию стали.

Охлаждение при закалке должно обеспечивать получение структуры мартенсита в пределах заданного сечения изделия (определенную прокаливаемость) и не должна вызывать закалочных дефектов: трещин, деформаций, коробления, и высоких растягивающих остаточных напряжений в поверхностных слоях.

Управление технологическим процессом представляет собой информационный процесс, обеспечивающий выполнения какого-либо материального процесса и достижение их определенных целей. В автоматизации технологического процесса всегда имеется определенная доля ручного физического труда, она зависит от степени совершенства самого процесса. Чем он совершеннее, тем меньше доля ручного труда, расходуемого в управлении.

Для обоснования разработки автоматизированной системы управления агрегата проведем его анализ по двум показателям:

- управляемость;
- сложность.

Управляемость агрегата можно разделить на два уровня: управление технологической операцией и управление технологическим процессом.

На уровне управления технологической операцией (закалка в масле, высокий отпуск) происходит получение информации о выпуске деталей, технологических потерях и браке, параметрах технологических операторов, контрольных измерениях температуры в тепловых зонах, масла, фильтрация полученной информации, а также контроль соответствия режима функционирования операции термообработки контрольным границам. Обычно перечисленных функций достаточно, чтобы управлять относительно простыми технологическими операциями.

На уровне управления технологическим процессом термообработки осуществляется управление процессом сбора информации с технологических операций и её интеграции. При получении информации проверяют соответствие математической модели процесса термообработки реальному ходу технологического процесса.

Сложность объекта автоматизации определяется числом элементов, входящим в него, и связей между ними. Известны несколько критериев классификации автоматизированных систем управления.

Основные функциональные признаки системы управления агрегата – управление по программе с предварительно заданными воздействиями, измерение, индикация, регистрация и регулирование параметров, а также выполнение логических операций.

Таким образом, система управления относится к классу АСУ технологическими установками, агрегатами или процессами со средним числом контролируемых, регулируемых и оптимизируемых параметров.

1.4 Обзор современных компьютерных систем управления

Для правильного выбора устройства управления необходимо знать технические характеристики распространенных устройств управления.

Далее приведем характеристику наиболее широко распространенных ПК [16]

ПК типа "Фудзилог"- расширяемый по входам и выходам мини-ПК, предназначенный для автоматизации промышленных механизмов малой и средней сложности. Он состоит из основного процессорного блока, включающего 24 входа и 16 выходов, а также трех дополнительных расширительных блоков на 16 входов и 8 выходов или только на 16 входов. Таким образом, можно компоновать систему в диапазоне 47-112 входов/выходов.

Выходные блоки выполняются в трех вариантах: релейные выходы (типа R), семисторные (типа S) и транзисторные (типа T). Нагрузочная способность всех выходов - 2А при переменном напряжении 220В; постоянного напряжения 30В для типа R, переменного от 80 до 220В для типа S и от 19 до 60В для типа T.

Емкость памяти 1024 шага, что позволяет реализовать различные алгоритмы управления оборудования. Рабочая программа хранится в памяти типа EPROM с ультрафиолетовым стиранием.

Система команд 7 базовых инструкций, позволяющих реализовать простые функции типа И, ИЛИ, НЕ и др., а также 8 функциональных инструкций.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Существенные недостатки кроются в организации процессорного модуля. Такими недостатками являются: программное обеспечение низкого уровня, не позволяющее реализовать сложные алгоритмы управления; отсутствие возможности реализации управления непрерывными процессами; недружественный с РС интерфейс.

ПК типа NS-915 производства Чехословацкой фирмы "Тесла" нашел широкое распространение в отечественном машиностроении, для реализации управления различным технологическим оборудованием.

Основные технические характеристики:

1) Объем памяти хранения программ до 4 Кб 16-ти разрядных слов. Память статического типа с подпиткой от аккумулятора

2) Количество входов/выходов до 512 в зависимости от конфигурации

3) Время выполнения команды около 5 нс.

В состав контроллера входят следующие модули:

– модуль устройства сравнения СА-25;

– модуль логического оператора NL-04;

– модуль арифметического устройства NN-03.

Эти три блока образуют центральный модуль, выполняющий операции считывания и обработки команд, запрос состояния адресуемых операндов, передачу управляющих сигналов на выходные регистры, слежение за порядком обработки программы.

Модуль входной 1В-19, позволяющий подключать 16 сигналов (24В, 0.01мА). Всего может быть подключено 16 таких модулей, т.е. 256 входов.

Модуль выходной OS-11 для подключения 16-ти устройств (24В, 0.2А). Всего может быть подключено до 16 таких модулей, т.е. 256 выходов.

Система команд содержит 20 команд которые можно разбить на 4 группы: базовые логические инструкции, инструкции ветвления, инструкции переноса и арифметические инструкции.

Комплекс ПК с количеством входов/выходов от 32 до 248 типа "МикроДат" является одной из первых отечественных мини-ПК модульного типа. Этот ПК представляет собой один или два блока выполненных на базе настенных компоновочных каркасов.

В состав ПК входят следующие модули:

– модуль процессора;

– модули ввода дискретных сигналов постоянного и переменного тока;

– модули вывода дискретных сигналов постоянного и переменного тока;

– модуль ввода импульсных сигналов;

– модуль вывода непрерывных сигналов;

– модуль последовательного ввода/вывода;

– модуль адаптера;

– расширители ввода/вывода до 32, 64, 128 сигналов.

Используется язык символьного кодирования, основанный на аппарате алгебры логики, поэтому исходное описание алгоритма работы электроавтоматики рекомендуется выполнять в релейно-контактном варианте.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Контроллер Micro-PC. Благодаря оригинальной концепции, принятой в Octagon, изделия этой фирмы в настоящее время являются одними из наиболее устойчивых к воздействию жестких внешних факторов на рынке встраиваемых персональных ЭВМ. Данная концепция обеспечивает высокий уровень надежности и функциональности.

PC-совместимая архитектура и лежащая в ее основе системная магистраль ISA, проявили себя в качестве одного из наиболее распространенных стандартных решений в мире. Вычислительные системы фирмы Octagon нашли применения более чем в 35 странах.

Модули ЦП Octagon, могут устанавливаться в комнатные конструктивы, в то же время они очень устойчивы к воздействию климатических, механических факторов сохраняя работоспособность в диапазоне температур -40 до +85 градусов С, выдерживая одиночные удары до 20д и вибрацию 5д.

Благодаря применению элементной базы, изготовленной по RMON технологии, существенно снижено потребление энергии. Необходимо всего один источник питания 5 В, как правило, не требуется использование принудительного охлаждения.

Изделия Octagon имеют среднее время наработки на отказ от 10,27 до 26.25 лет; т.е. оборудованный Octagon гарантирует исключительную надежность.

Простота эксплуатации обеспечивается не только наличием библиотек базового ПО и документации содержащей указания по применению изделий, но также тем, что в системное ПЗУ модулей процессора помещена автоматически загружаемая ОС ROM-DOS, совместимая с MS-DOS. При этом не требуется производить каких-либо изменений положения переключателей. Достаточно установить свою прикладную программу, и вы сразу готовы к работе. Таким образом, можно выделить положительные моменты:

- 1) расширенный диапазон t от -40 до +85°C;
- 2) малые, по сравнению с традиционными периферийными модулями, габаритные размеры;
- 3) малое электропотребление;
- 4) гарантированная устойчивость к воздействию агрессивных сред, вибрации и одиночных ударов;
- 5) высокая надежность;
- 6) простота в эксплуатации.

1.5 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Для сравнительного анализа предложена продукция компаний «SCAME» Италия, Codere SA Швейцария, ЗАО «Накал» Россия, «Термокерамика» Россия. [5]. Компания «Формет СПб» предлагает конвейерные печи, в частности, печи термообработки - все проходные печи изготавливаются компанией «SCAME» Италия.

Линии термической обработки серии CARBO LINE 100 (рисунок 1.2) предназначены для выполнения закалки, улучшения свойств металлов, цементации, нит-

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

роцементации металлических деталей, используемых в различных отраслях производства.



Рисунок 1.2 – Линия термической обработки серии CARBO LINE 100

Производятся различные модели, в частности:

- линия для улучшения свойств металла с охлаждением в масле и печью отпуски для деталей крепежа и штампованных деталей, таких как пружины, вилки и т.п., с производительностью от 50 до 300 кг/час, шириной проходного отверстия печи от 300 до 1000 мм и полезной высотой от 80 до 120 мм;

- линия закалки на бейнит с соляной ванной производительностью от 100 до 250 кг/час.

Всё оборудование работает с контролируемой атмосферой, производимой эндотермическими генераторами, или с атмосферой из азота и метанола с добавлением метана или пропана и аммиака в зависимости от типа требуемой термической обработки.

Печь оснащена системой контроля углерода, включающей анализаторы CO и CO₂ или кислородный датчик, и автоматической регулировкой процента содержания углерода.

Система нагрева электрическая. Управление и контроль температуры производится с помощью высокоточных тиристоров и компьютерной системы. Система управления позволяет работать с кодами продукции и регистрировать все фазы обработки.

Оборудование произведено в соответствии с европейскими стандартами EN 746-1, EN 746-3, EN 746-8 и EN 60204-1 с использованием экологически безопасных изолирующих материалов [2].

Фирма Codere S.A. предлагает промышленные печи для термообработки деталей из стали и цветных металлов. Фирма имеет 30-ти летний опыт в конструировании и производстве печей, что позволяет фирме удовлетворять любые желания клиента в области термообработки.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Печи серии 200 (рисунок 1.3) предназначены для термообработки с максимальной температурой до 1150 °С. Они позволяют проводить различные режимы термообработки:

- закалка;
- цементация;
- нитроцементация;
- азотирование;
- оксидирование;
- отжиг;
- отпуск.



Рисунок 1.3 - Печь для термообработки серии 200

Печи серии 200 имеют следующие преимущества:

- гибкость при загрузки печей (полуавтоматический режим с помощью манипулятора, автоматический режим), нет необходимости использовать кран для загрузки печей как в камерных печах;
- внутренняя камера печи – реторта из жаропрочной стали, нет футеровки как в традиционных камерных печах;
- перепад температуры внутри печи +/- 5 °С, равномерность газовой защитной среды;
- нет контакта с атмосферой садки в процессе термообработки;
- нет специальной вентиляционной системы для отсоса дыма, легко встраивается в заводскую центральную вентиляционную систему;
- линия монтируется из модулей, всегда есть возможность расширить линию за счёт закупки только одного дополнительного модуля нагрева, при этом производительность увеличивается на 50%;
- потребление энергии и расход газа для защитной среды на 50-60% меньше чем в обычных камерных печах;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ

Лист

21

- линии имеют малые габаритные размеры, что позволяет размещать их на небольших площадях [3]

ЗАО «Накал» предлагает камерные механизированные агрегаты для закалки и отпуска СНЗА 6.12.5/7 (рисунок 1.4).

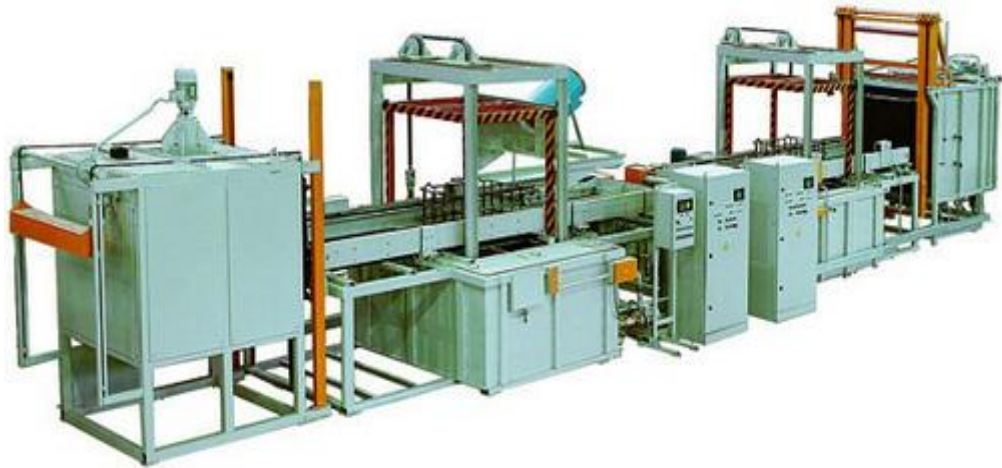


Рисунок 1.4 – Камерный механизированный агрегат СНЗА 6.12.5/7

Процесс загрузки и выгрузки деталей в печь, опускание садки в закалочную жидкость, мойка деталей после закалки в масле максимально механизирован.

Агрегат выпускается как в варианте с защитной атмосферой, так и с нагревом в воздушной среде [4].

В состав агрегата входят:

- электропечь камерная для нагрева под закалку;
- ванна закалочная для закалки в масло;
- транспортно-загрузочный механизм;
- электропечь для нагрева под отпуск;
- ванна промывочная;
- поддоны.

Технические характеристики:

- масса садки, кг: 350;
- данные питающей сети: 3ф.х380/220В; 50Гц;
- высота загрузки на поддон, мм: 570x1020;
- максимальная высота загрузки на поддон, мм: 400;
- мощность, кВт: 135.

Компания "Термокерамика" предлагает проходные электропечи с широким выбором комплектации.

Туннельные электропечи (их так же называют проходные печи) предназначены для многозонной термической обработки различных материалов.

Туннельные печи могут выпускаться на совершенно различные температуры от 20 °С до 1750 °С, обладать большим количеством автономно управляемых тепловых зон, изготавливаются, в случае необходимости.

В герметичном исполнении для реализации процессов в защитных газах или восстановительных средах, комплектоваться входными и выходными шлюзовыми камерами, системами предварительной и окончательной продувки, системами полной регулировки и фиксации расходов и давлений газов.

Привод проходной (туннельной) печи – электрический толкатель, пневматический толкатель, рольганг или лента. Примером такой печи может служить туннельная электропечь ТК.82.1300.3Ф (рисунок 1.5), в которой применен электрический толкательный механизм [5].



Рисунок 1.5 - Туннельная электропечь ТК.82.1300.3Ф

Зарубежные производители оборудования для термической обработки выпускают широкий спектр автоматизированных агрегатов. Эти агрегаты характеризуются высоким качеством и отлаженной технологией производства, а также производители обеспечивают высокий уровень сервиса и технической поддержки. К недостаткам можно отнести высокую стоимость агрегата, высокая требовательность к чистоте и микроклимату производственной площадки, сложность ремонта и обслуживания, дорогостоящие комплектующие.

Отечественные производители предлагают механизированные камерные агрегаты закалки и отпуска, а также большой ассортимент проходных печей для закалки и отпуска. Применение импортных элементов обеспечивает высокую надежность электропечей, позволяя обеспечить более низкую стоимость.

Исходя из проведенного сравнительного анализа термического оборудования, наиболее предпочтительным является оборудование компании «Теплокерамика». Оборудование этой фирмы соответствует по качеству лучшим мировым образцам, при этом обладает более низкой стоимостью и простотой обслуживания.

Выводы по разделу один

В этом разделе была приведена характеристика агрегата для термической обработки, описаны технологические процессы и принцип работы. Проведен анализ тенденций развития систем управления термическими процессами на базе микропроцессорной и компьютерной техники, а также анализ управляемости техноло-

гическими параметрами агрегата. Проведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Разработка структуры системы управления агрегатом

На агрегате для термической обработки осуществляются следующие технологические операции:

- нагрев под закалку в масле;
- закалка в масле;
- высокий отпуск деталей.

Детали, поступающие в толкательную электропечь (закалочную), перемещаются по ней и нагреваются до температуры 1000 °С. После закалки деталей в масле, они помещаются в конвейерную (отпускную) электропечь и нагреваются до температуры 650 °С.

Электропечи состоят из четырёх тепловых зон каждая. В каждой зоне находятся электронагреватели и термодары.

Структурная схема модернизированной системы управления приведена на рисунке 2.1.

Разрабатываемая система управления агрегатом отличается применением программируемого контроллера. Входные сигналы обрабатываются специальной программой, которая в соответствии с поступившей информацией подаёт сигналы на выход к исполнительным устройствам.

Контроллер связан с машиной верхнего уровня для обеспечения ввода-вывода и редактирования программ пользователя, ввода-вывода информации для управления технологическими процессами.

2.2 Разработка подсистемы автоматического регулирования температуры в электропечах агрегата

2.2.1 Определение математической модели устройства регулирования температуры в электропечах агрегата

Одним из наиболее сложных этапов при проектировании локальной замкнутой САР (систем автоматического регулирования) является получение математической модели объекта управления (то есть его идентификация). Для определения математической модели объекта управления и других устройств неизменяемой части системы используем материалы производственной практики и литературные источники, в которых приводятся конкретные сведения по статике и динамике элементов системы (прежде всего объекта управления). Это могут быть аналитические зависимости или экспериментально полученные данные.

Для получения математической модели объекта регулирования воспользуемся теоретическим методом.

Для объектов такого типа для упрощения расчетов принят ряд допущений:

- 1) Объект считается однородным и обладающим высокой теплопроводностью.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

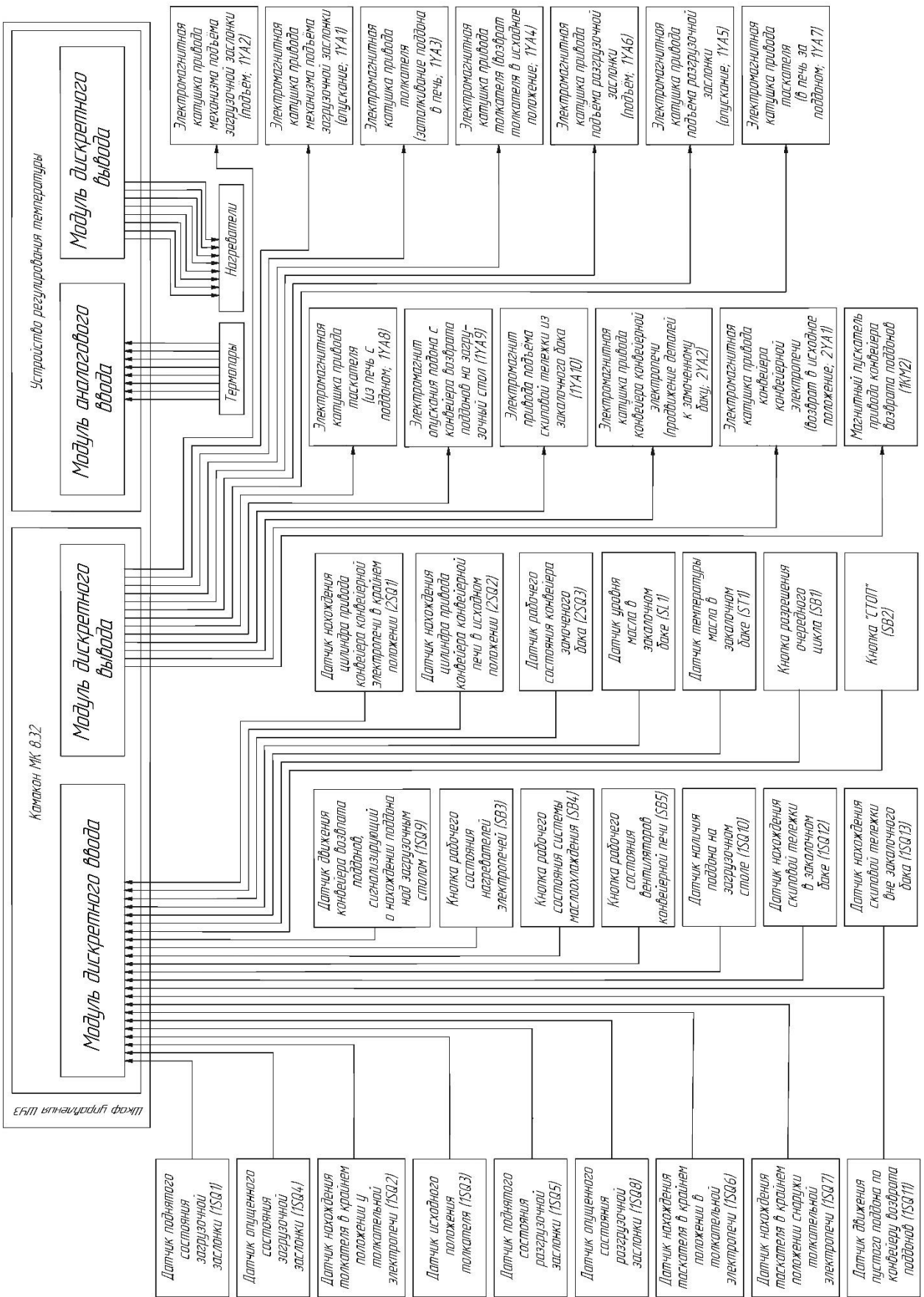


Рисунок 2.1 – Структурная схема автоматизированной системы управления

2) Считается, что количество тепловой энергии, отдаваемой объектом в окружающую среду пропорционально разности температур в начальный и конечный момент времени.

3) Окружающая среда обладает бесконечной теплоемкостью, т.е. при отдаче тепла температура среды существенно не меняется.

Опишем с помощью законов физики математическую модель печи.

На рисунке 2.2 показана тепловая модель печи. Часть энергии (dQ_1), полученной телом от внешнего источника расходуется на нагрев тела (dQ_2) а часть в результате тепловых потерь уходит в окружающую среду (dQ_3).

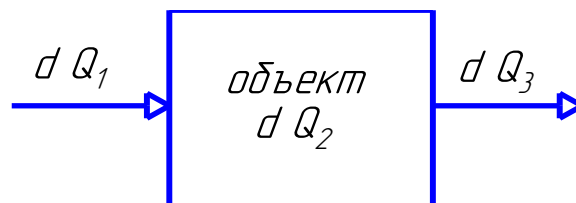


Рисунок 2.2 – Тепловая модель прокаточной печи

Энергия, подводимая к телу, описывается формулой:

$$dQ_1 = \Delta P \cdot dt, \quad (2.1)$$

где dt – время, в течении которого подводится энергия.

Энергия, идущая на нагрев, описывается формулой:

$$dQ_2 = c \cdot dt, \quad (2.2)$$

где c – коэффициент теплоемкости;

dt - изменение разности температур объекта и среды за интервал времени dt .

Энергия, отдаваемая в окружающую среду, описывается формулой:

$$dQ_3 = A \cdot \tau \cdot dt, \quad (2.3)$$

где A – коэффициент теплоотдачи,

τ – разница температур объекта и среды ($\tau = \Theta_{об} - \Theta_{ср}$)

dt – время, в течении которого подводится энергия

Составим уравнение теплового баланса:

$$dQ_1 = dQ_2 + dQ_3 \quad (2.4)$$

Подставив в уравнение теплового баланса формулы (2.1),(2.2),(2.3), получим:

$$\Delta P \cdot dt = c \cdot dt + A \cdot \tau \cdot dt, \quad (2.5)$$

разделим обе части уравнения (2.5) на $A \cdot dt$ и получим:

$$\frac{C}{A} \cdot \frac{d\tau}{dt} + \tau = \frac{\Delta P}{A}. \quad (2.6)$$

Формула (2.6) является дифференциальным уравнением, описывающим тепловые процессы в печи.

При разработке модели объекта управления используем различные упрощения и представим его сочетанием типовых динамических звеньев. Например, объекты регулирования, обычно обладающие инерционностью, представляют в виде инерционного звена первого или второго порядка. Пространственное распределение регулируемой величины в конструкции объекта может учитываться в модели звена чистого запаздывания.

Итак, объект представляет собой апериодическое звено первого порядка с запаздыванием:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(T_{об}p + 1)} e^{-p\tau_{об}}, \quad (2.7)$$

где $k_{об}$ - коэффициент передачи объекта;

$T_{об}$ - постоянная времени объекта;

$\tau_{об}$ - запаздывание.

$T_{об}$, $\tau_{об}$, $k_{об}$ определяем, используя кривые разгона печей и пользуясь теорией, изложенной в [12].

Толкательная электропечь: $T_{об} = 3 \text{ ч} = 10800 \text{ с}$, $\tau_{об} = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$, $k_{об} = 5 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$ (1-я зона), $k_{об} = 10 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$ (2-я зона), $k_{об} = 15 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$ (3-я, 4-я зоны).

Конвейерная электропечь: $T_{об} = 2,6 \text{ ч} = 9360 \text{ с}$, $\tau_{об} = 3,5 \text{ мин} = 210 \text{ с}$, $k_{об} = 4 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$ (1-я зона), $k_{об} = 9 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$ (2-я, 3-я, 4-я зоны).

2.2.2 Выбор способа регулирования

Для систем автоматического управления существует три основных способа регулирования [13]:

- регулятор, построенный на типовом звене (пропорциональный, интегральный, дифференциальный);
- регулятор, построенный на синтезе типовых звеньев (пропорционально-интегральный, пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный и т.д.);
- позиционный регулятор (работающий по принципу «включил – выключил»).

Данная, достаточно простая, система, не требует от регулятора сложных преобразований, поэтому способ регулирования основанный на сложных регуляторах построенных на синтезе типовых звеньев отпадают. Способ регулирования основанный на использовании стандартных регуляторов потребует соответствующих

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

дорогостоящих исполнительных устройств, способных за малое время отработать задающий сигнал с регулятора. Остаётся самый простой способ регулирования с помощью позиционного регулятора. Системы автоматического регулирования, основанные на этом способе при соответствующих настройках обеспечивают высокое качество регулирования и имеют не высокую стоимость, что тоже немало важно.

Для данной подсистемы аналогового регулирования единственный параметр, который можно регулировать – температура нагревательного элемента. Все остальные параметры (температура окружающей среды, давление, влажность воздуха в помещении, скорость движения воздуха) следует оставить неизменными, так как их изменение усложнит математическую модель и потребует использования в подсистеме сложных регуляторов, что усложнит настройку и увеличит стоимость подсистемы.

Позиционные регуляторы обеспечивают хорошее качество регулирования для объектов с малым запаздыванием, не требуют настройки и просты в эксплуатации. Данные типы регуляторов еще называют Т- регуляторами. Они бывают с двухпозиционным и трехпозиционным законом регулирования. Двухпозиционные имеют дискретную выходную величину Y типа вкл/выкл. Т-регулятор включает или выключает выходное реле в зависимости от того, достигла или не достигла регулируемая величина заданного значения.

Исходя из соотношения $\tau_{об} / T_{об}$ выбираем тип регулятора. Так как $\tau_{об} / T_{об} < 0,1$ (объект с инерционностью и малым запаздыванием), то в данной САР Т-регулятор применять можно.

К недостаткам Т- регуляторов можно отнести то, что они практически неприменимы для систем с существенным транспортным запаздыванием $\tau_{об} > 0,2 T_{об}$ и для объектов без самовыравнивания, так как регулируемая величина далеко выходит за необходимые пределы регулирования.

2.2.3 Выбор технической реализации регулятора

Автоматические регуляторы, предназначенные для воспроизведения назначенного закона регулирования, делятся на две большие группы: регуляторы с аппаратной (схемной) реализацией закона регулирования и регулятора с программной реализацией (цифровые регуляторы).

По степени универсальности аппаратные (аналоговые) регуляторы делятся на два типа: регуляторы одной регулируемой величины (температуры, давления, расхода и т.д.) и универсальные регуляторы с унифицированными входными и выходными сигналами.

В данном выпускном квалификационном проекте для поддержания температуры используется аппаратный двухпозиционный терморегулятор.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

2.3 Проектирование и конструирование устройства автоматического регулирования температуры в электропечах

2.3.1 Моделирование устройства регулирования температуры

Модель – специфическая форма отражения объекта при которой отражаются те свойства и закономерности объекта управления, которые важны в данном технологическом процессе. Для правильного управления объектом нужно знать закономерности существующими между входными и выходными характеристиками.

Автоматическая система регулирования с двухпозиционным регулятором (рисунок 2.3) является наиболее характерным представителем нелинейных систем. Выбор двухпозиционного закона регулирования объясняется следующими фактами: наличием дискретных сигналов с датчиков, не критичность к точности поддержания заданной температуры, наличием исполнительных устройств с двумя состояниями: включено и выключено.

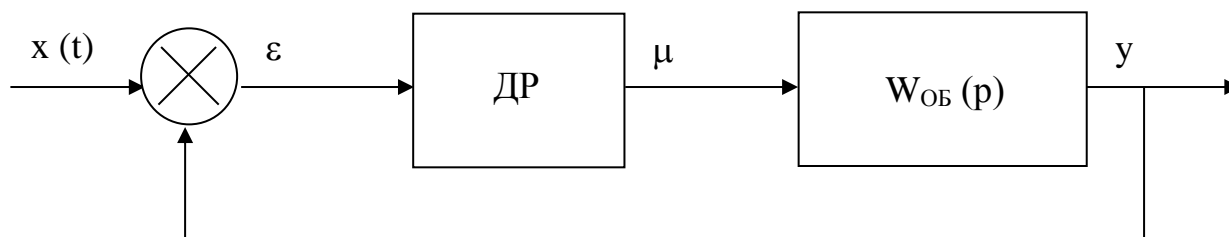


Рисунок 2.2 – Структурная схема АСР с двухпозиционным регулятором

В системе 2 электропечи (толкательная и конвейерная), каждая из которых разделена на 4 тепловых зоны. В каждой зоне поддерживается своя температура (кроме последних 2-х зон каждой электропечи, в которых поддерживается одинаковая температура) для поддержания заданного графика термообработки. Поэтому определим переходные процессы различных зон электропечей [12].

Толкательная электропечь:

1) первая зона

$T_{об} = 10800$ с; $\tau_{об} = 180$ с; $k_{об} = 5$ °С/кВт; $\Theta_{зд} = 450$ °С, фазное напряжение $U = 220$ В; сопротивление нагревателя $R = 0,866$ Ом.

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

$$Q_1 = 3 \cdot Q_{\phi} = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 167,7 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{зд} = k_{об} \cdot \Theta_{зд}$:

$$\Theta_{\text{зл}} = \frac{Q_{\text{зл}}}{k_{\text{об}}} = 90 \text{ кВт.} \quad (2.9)$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{\text{зл}})}{Q_{\text{зл}}} = \frac{(167,7 - 90)}{90} = 0,86; \quad (2.10)$$

и выключении:

$$B_2 = \frac{Q_{\text{зл}}}{Q_{\text{зл}}} = 1. \quad (2.11)$$

Зона нечувствительности регулятора (устанавливаем сами): $2a = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, или в относительных единицах: $2a = 4 \text{ }^\circ\text{C} / 450 \text{ }^\circ\text{C} = 0,008$.

Коэффициент передачи в относительных единицах [12]: $k_{\text{об}} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,86) - (1 - 0,004) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(0,86 - 0,004)} = 524 \text{ с.}$$

Длительность пауз:

$$t_1 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,86) - (0,86 - 0,004) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(1 - 0,004)} = 447 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{\text{пер}} = 524 + 447 = 971 \text{ с.}$$

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,86 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,008 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,045;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,045 \cdot 450 = 20 \text{ }^\circ\text{C.}$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,024;$$

$$x_2 = 0,86 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,021;$$

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,024 \cdot 450 = 11^\circ\text{C};$$

$$x_2 = 0,021 \cdot 450 = 9^\circ\text{C};$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

2) вторая зона

$T_{об} = 10800$ с; $\tau_{об} = 180$ с; $k_{об} = 10$ °C/кВт; $\Theta_{зд} = 850$ °C, фазное напряжение $U = 220$ В; сопротивление нагревателя $R = 0,98$ Ом.

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

$$Q_1 = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 148,2 \text{ кВт}.$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{зд} = k_{об} \cdot \Theta_{зд}$:

$$\Theta_{зд} = \frac{Q_{зд}}{k_{об}} = 85 \text{ кВт}.$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{зд})}{Q_{зд}} = \frac{(167,7 - 90)}{90} = 0,74;$$

и выключении:

$$B_2 = \frac{Q_{зд}}{Q_{зд}} = 1.$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Зона нечувствительности регулятора в относительных единицах:

$$2a = \frac{4^{\circ}\text{C}}{850^{\circ}\text{C}} = 0,004.$$

Коэффициент передачи в относительных единицах [12]: $k_{об} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,74) - (0,86 - 0,002) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(0,74 - 0,002)} = 522 \text{ с.}$$

Длительность пауз:

$$t_2 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,74) - (0,74 - 0,004) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(1 - 0,002)} = 380 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{\text{пер}} = 522 + 380 = 902 \text{ с.}$$

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,74 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,038;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,038 \cdot 850 = 32^{\circ}\text{C}.$$

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,002 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,022;$$

$$x_2 = 0,86 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,002 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,017;$$

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,022 \cdot 850 = 18^{\circ}\text{C};$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$x_2 = 0,017 \cdot 850 = 14^\circ\text{C}.$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

3)-4) третья и четвертая зоны

$T_{об} = 10800 \text{ с}$; $\tau_{об} = 180 \text{ с}$; $k_{об} = 15 \text{ }^\circ\text{C/кВт}$; $\Theta_{зд} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, фазное напряжение $U = 220 \text{ В}$; сопротивление нагревателя $R = 1,42 \text{ Ом}$.

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

$$Q_1 = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 102,3 \text{ кВт}.$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{зд} = k_{об} \cdot \Theta_{зд}$:

$$\Theta_{зд} = \frac{Q_{зд}}{k_{об}} = 66,7 \text{ кВт}.$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{зд})}{Q_{зд}} = \frac{(102,3 - 66,7)}{66,7} = 0,53;$$

и выключении:

$$B_2 = \frac{Q_{зд}}{Q_{зд}} = 1.$$

Зона нечувствительности регулятора в относительных единицах:

$$2a = \frac{4^\circ\text{C}}{1000^\circ\text{C}} = 0,004.$$

Коэффициент передачи в относительных единицах [12]: $k_{об} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,53) - (0,86 - 0,002) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(0,53 - 0,002)} = 655 \text{ с}.$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Длительность пауз:

$$t_2 = \frac{180 + 10800 \cdot \ln((1 + 0,53) - (0,53 - 0,004) \cdot e^{-\frac{180}{10800}})}{(1 - 0,002)} = 335 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{\text{пер}} = 655 + 335 = 990 \text{ с.}$$

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,53 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,034;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,034 \cdot 1000 = 34^\circ\text{C.}$$

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,002 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,022;$$

$$x_2 = 0,53 \cdot (1 - e^{-\frac{180}{10800}}) + 0,002 \cdot e^{-\frac{180}{10800}} = 0,012;$$

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,022 \cdot 1000 = 22^\circ\text{C};$$

$$x_2 = 0,012 \cdot 1000 = 12^\circ\text{C.}$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

Конвейерная электропечь:

1) первая зона

$T_{\text{об}} = 9360 \text{ с}; \tau_{\text{об}} = 210 \text{ с}; k_{\text{об}} = 4 \text{ }^\circ\text{C/кВт}; \Theta_{\text{зд}} = 350 \text{ }^\circ\text{C};$ фазное напряжение $U = 220 \text{ В};$ сопротивление нагревателя $R = 1,02 \text{ Ом}.$

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$Q_1 = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 142,5 \text{ кВт.}$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{\text{зд}} = k_{\text{об}} \cdot \Theta_{\text{зд}}$:

$$\Theta_{\text{зд}} = \frac{Q_{\text{зд}}}{k_{\text{об}}} = 87,5 \text{ кВт.}$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{\text{зд}})}{Q_{\text{зд}}} = \frac{(142,5 - 87,5)}{87,5} = 0,63;$$

и выключении:

$$B_2 = \frac{Q_{\text{зд}}}{Q_{\text{зд}}} = 1.$$

Зона нечувствительности регулятора в относительных единицах:

$$2a = \frac{4^\circ\text{C}}{350^\circ\text{C}} = 0,012.$$

Коэффициент передачи в относительных единицах [12]: $k_{\text{об}} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,63) - (1 - 0,006) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{(0,63 - 0,006)} = 674 \text{ с.}$$

Длительность пауз:

$$t_2 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,63) - (0,63 - 0,006) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{(1 - 0,006)} = 437 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{\text{пер}} = 674 + 437 = 1111 \text{ с.}$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,63 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,012 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,044;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,044 \cdot 350 = 15^\circ\text{C}.$$

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,006 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,026;$$

$$x_2 = 0,63 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,006 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,018;$$

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,026 \cdot 350 = 9^\circ\text{C};$$

$$x_2 = 0,018 \cdot 350 = 6^\circ\text{C}.$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

2) вторая зона

$T_{об} = 9360$ с; $\tau_{об} = 210$ с; $k_{об} = 9$ °C/кВт; $\Theta_{зд} = 500$ °C; фазное напряжение $U = 220$ В; сопротивление нагревателя $R = 1,02$ Ом.

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

$$Q_1 = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 101,5 \text{ кВт}.$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{зд} = k_{об} \cdot \Theta_{зд}$:

$$\Theta_{зд} = \frac{Q_{зд}}{k_{об}} = 55,6 \text{ кВт}.$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{зл})}{Q_{зл}} = \frac{(101,5 - 55,6)}{55,6} = 0,82;$$

и выключении:

$$B_2 = \frac{Q_{зл}}{Q_{зл}} = 1.$$

Зона нечувствительности регулятора в относительных единицах:

$$2a = \frac{4^{\circ}\text{C}}{500^{\circ}\text{C}} = 0,008.$$

Коэффициент передачи в относительных единицах[12]: $k_{об} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,82) - (1 - 0,004) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{(0,82 - 0,004)} = 523 \text{ с.}$$

Длительность пауз:

$$t_2 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,82) - (0,82 - 0,004) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{(1 - 0,004)} = 434 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{пер} = 523 + 434 = 957 \text{ с.}$$

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,82 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,008 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,044;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,044 \cdot 500 = 22^{\circ}\text{C}.$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,024;$$

$$x_2 = 0,82 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,004 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,02;$$

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,024 \cdot 500 = 12^\circ\text{C};$$

$$x_2 = 0,02 \cdot 500 = 10^\circ\text{C}.$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

3) – 4) третья и четвёртая зоны

$T_{об} = 9360$ с; $\tau_{об} = 210$ с; $k_{об} = 9$ °С/кВт; $\Theta_{зд} = 650$ °С; фазное напряжение $U = 220$ В; сопротивление нагревателя $R = 1,43$ Ом

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревателем:

$$Q_1 = 3 \cdot Q_\phi = 3 \cdot U \cdot \frac{U}{R} = 101,5 \text{ кВт}.$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. Так как в установившемся состоянии $Q_{зд} = k_{об} \cdot \Theta_{зд}$:

$$\Theta_{зд} = \frac{Q_{зд}}{k_{об}} = 72,2 \text{ кВт}.$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении:

$$B_1 = \frac{(Q_1 - Q_{зд})}{Q_{зд}} = \frac{(101,5 - 72,2)}{72,2} = 0,41;$$

и выключении:

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$B_2 = \frac{Q_{зл}}{Q_{зл}} = 1.$$

Зона нечувствительности регулятора в относительных единицах:

$$2a = \frac{4^\circ\text{C}}{650^\circ\text{C}} = 0,006.$$

Коэффициент передачи в относительных единицах[12]: $k_{об} = 1$. Находим длительность включения нагревательного элемента:

$$t_1 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,41) - (1 - 0,003) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{(0,41 - 0,003)} = 784 \text{ с.}$$

Длительность пауз:

$$t_2 = \frac{210 + 9360 \cdot \ln((1 + 0,41) - (0,41 - 0,003) \cdot e^{-\frac{210}{9360}})}{1 - 0,003} = 341 \text{ с.}$$

Период колебаний:

$$T_{\text{пер}} = 784 + 341 = 1125 \text{ с.}$$

Диапазон колебаний регулируемой величины:

$$\Delta x = 1,41 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,006 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,034;$$

или в абсолютных единицах:

$$\Delta x = 0,034 \cdot 650 = 22^\circ\text{C}.$$

Положительная и отрицательная амплитуда колебаний регулируемой величины соответственно равны:

$$x_1 = (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,003 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,023;$$

$$x_2 = 0,41 \cdot (1 - e^{-\frac{210}{9360}}) + 0,003 \cdot e^{-\frac{210}{9360}} = 0,011;$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

или в абсолютных единицах:

$$x_1 = 0,023 \cdot 650 = 15^\circ\text{C};$$

$$x_2 = 0,011 \cdot 650 = 7^\circ\text{C}.$$

Полученный разброс температуры удовлетворяет технологическому процессу.

2.3.2 Разработка схмотехники устройства регулирования температуры

Так как пространство печей разбито на тепловые зоны, в каждой из которых поддерживается своя температура, в каждой зоне будем устанавливать отдельный регулятор, настроенный на заданную температуру зоны печи.

Регулятор состоит из следующих блоков (рисунок 2.4):

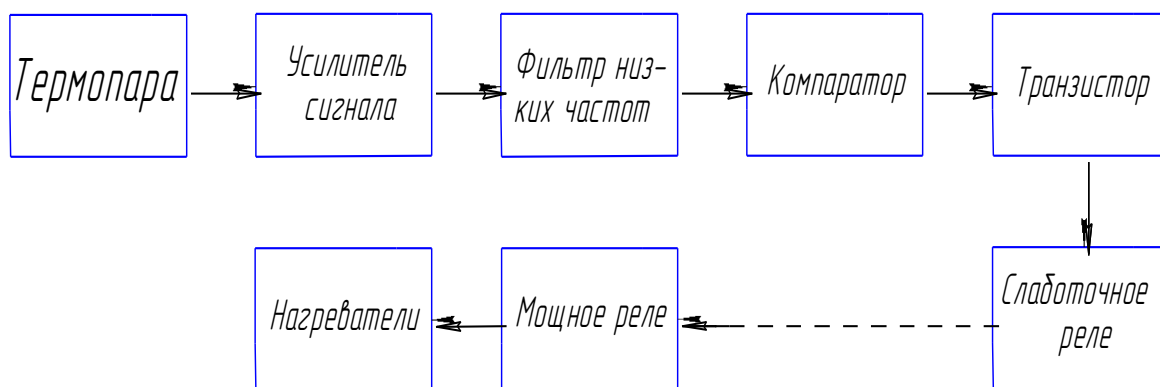


Рисунок 2.4 – Структура терморегулятора

Используем термопару хромель – алюмель (хорошо работает в агрессивных средах) [14]:

- при 450 °С возникает термоЭДС. 18,409 мВ (1-я зона толкательной печи);
 - при 850 °С возникает термоЭДС. 34,409 мВ (2-я зона толкательной печи);
 - при 1000 °С возникает термоЭДС. 41,269 мВ (3-я,4-я зоны толкательной печи);
 - при 350 °С возникает термоЭДС. 14,381 мВ (1-я зона конвейерной печи);
 - при 500 °С возникает термоЭДС. 20,423 мВ (2-я зона конвейерной печи);
 - при 650 °С возникает термоЭДС. 26,748 мВ (3-я, 4-я зона конвейерной печи);
- температурный коэффициент при 20 °С = 40,28 мкВ/ °С.

Слабый сигнал с термопар усиливает усилитель, собранный на операционных усилителях. Затем сигнал проходит через фильтр низких частот с большой постоянной времени (сглаживаются возможные помехи). На компараторе этот сигнал сравнивается с заданным специально сигналом, и в результате сравнения срабатывает либо не срабатывает слаботочное реле (транзистор выступает в качестве

усилителя тока с компаратора до уровня, необходимого для срабатывания слабботочного реле). Сработавшее слабботочное реле вызывает срабатывание мощного реле, которое замыкает цепь с нагревателями.

Принципиальная схема разработанного терморегулятора представлена на листе № 6 графической части работы.

Произведём расчёт регулятора для температуры 1000 °С (3-я и 4-я зоны толкательной электропечи).

Рассмотрим усилитель сигнала (рисунок 2.5)

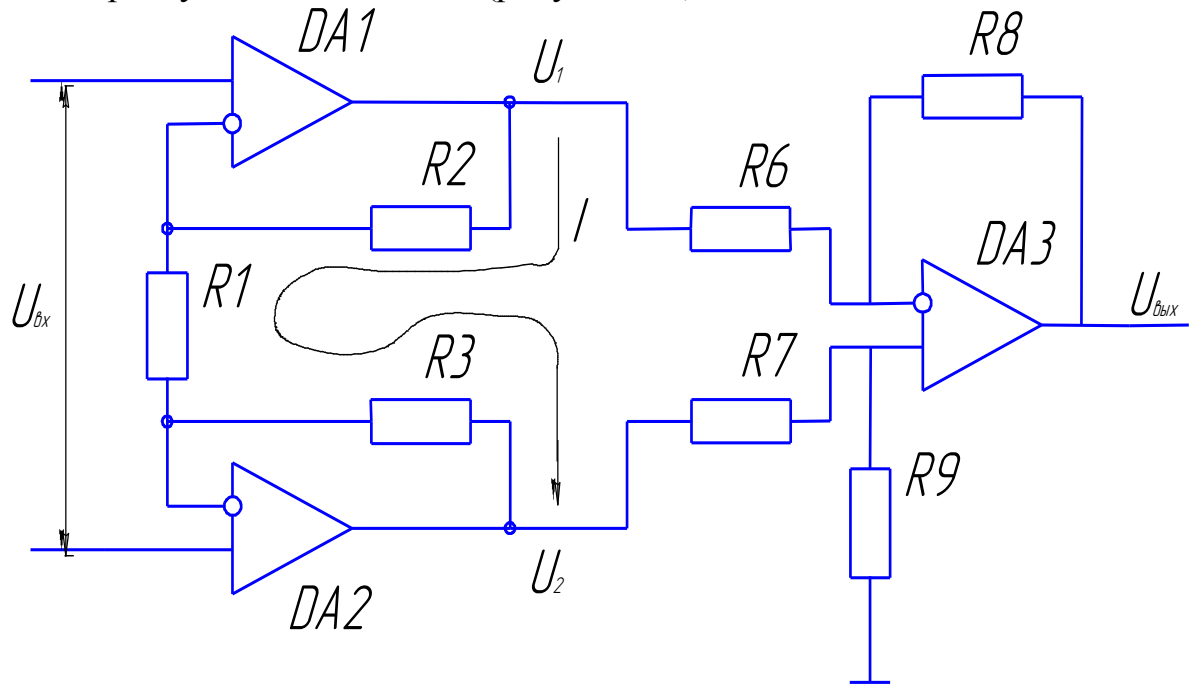


Рисунок 2.5 – Усилитель сигнала

Примем $R2 = R3$, $R6 = R7$, $R8 = R9$. $U_{вх} = 41,269$ мВ – сигнал с термопары хромель – алюмель при 1000 °С. Выразим $U_{вых}$ через $U_{вх}$. Очевидно, что справедливы равенства:

$$U_1 - U_2 = I \cdot R_2$$

$$I \cdot R_2 = U_{вх} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{вых} = (U_1 - U_2) \cdot \frac{R_8}{R_6 + R_9}$$

Решая полученную систему уравнений, получаем

$$U_{вых} \cdot \frac{R_8}{R_6} = U_{вх} \cdot \frac{R_1 + 2 \cdot R_2}{R_1}$$

или

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot \left(2 \cdot \frac{R2}{R1} + 1\right) \cdot \frac{R6}{R8}. \quad (2.12)$$

Рассчитаем участок схемы терморегулятора, в соответствии с рисунком 2.6.

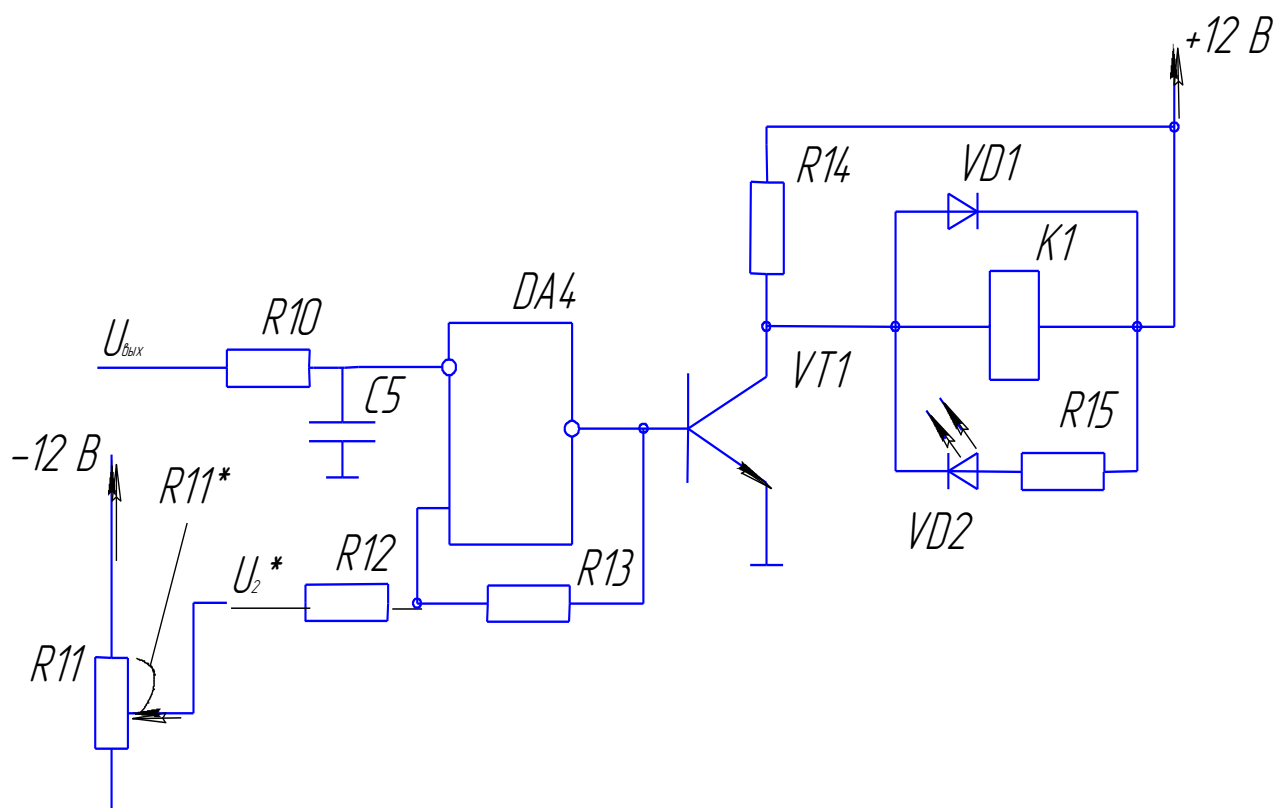


Рисунок 2.6 – Участок схемы терморегулятора

В основе регулятора лежит работа компаратора К554СА3 (DA4). Сравниваются напряжения на входах: $U_{\text{вых}}$ и U_2^* . Возьмём $R10 = R12 = 10 \text{ кОм}$; $R13 = 100 \text{ кОм}$. $R10, C5$ – фильтр низких частот; примем $C5 = 1000 \text{ мкФ}$.

Принцип работы регулятора следующий:

1) если $[U_{\text{вых}}] < [U_2^*]$ (температура печи не достигла верхнего предела), то на инверсном выходе компаратора DA4 имеем логическую единицу, открывается транзистор VT1, срабатывает слаботочное реле K1 (загорается сигнальный светодиод VD1), которое, в свою очередь, включает более мощное реле K4, которое уже замыкает цепь нагревателей данной зоны;

2) при $[U_{\text{вых}}] > [U_2^*]$ (температура печи достигла верхнего предела) на инверсном выходе компаратора DA4 имеем логический ноль, транзистор остаётся заперт и реле, следовательно, не срабатывают – нагреватели отключены (печь охлаждается до нижнего предела температуры; эти пределы задаются зоной нечувствительности регулятора).

Транзистор VT1 подбираем для усиления сигнала с компаратора DA4 ($b \sim 50$) с учётом тока срабатывания реле K1 (РЭС 53РФ.510.410 – 05; ток срабатывания не более 81 мА).

Берём $R14 = 1$ кОм. Резистор R15 необходим, чтобы светодиод VD2 не вышел из строя: на светодиоде падает 2,4 В, ток через него 10 мА; тогда:

$$R15 = \frac{12 - 2,4}{0,01} = 960 \text{ Ом.}$$

Произведём расчёт усилителя и подберём для него резисторы (см. рисунок 2.5).

Ориентировочно зададимся зоной нечувствительности 2°C в обе стороны относительно номинальной температуры 1000°C . Имеем при 1002°C $U_{\text{ВХ}} = 41,35$ мВ. Максимальное напряжение на компараторе DA4 не должно превышать 12 В. Используя формулу (2.12), так подберём резисторы, чтобы $U_{\text{ВЫХ}}$ было чуть меньше 12 В:

$$R1 = 2 \text{ кОм}; R2 = R3 = 144 \text{ кОм}; R6 = R7 = 20 \text{ кОм}; R8 = R9 = 10 \text{ кОм};$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \cdot \left(2 \cdot \frac{R2}{R1} + 1\right) \cdot \frac{R6}{R8} = 0,04135 \cdot \left(2 \cdot \frac{144}{2} + 1\right) \cdot \frac{20}{10} = 11,99 \text{ В.}$$

При 998°C получаем $U_{\text{ВЫХ}} = 11,94$ В; при 999°C получаем $U_{\text{ВЫХ}} = 11,94$ В; при 1001°C получаем $U_{\text{ВЫХ}} = 11,97$ В; при 1003°C получаем $U_{\text{ВЫХ}} = 12,01$ В.

Проанализировав полученное, задаёмся $[U_2^*] = 11,97$ В (см. рисунок 2.6) $R11 = 125$ Ом, тогда можно записать равенство:

$$11,97 = 12 \cdot \frac{125 - R11^*}{125}, \text{ или}$$

$$11,97 \cdot \frac{125}{12} = 125 - R11^*, \text{ откуда}$$

$$R11^* = 125 - 11,97 \cdot \frac{125}{12} = 0,3 \text{ Ом.}$$

С учётом того, что $U_{\text{см}} = 10$ мВ у компаратора DA4, имеем:

- при 1002°C $[U_{\text{ВЫХ}}] > [U_2^*]$, нагреватели отключаются;
- при 998°C $[U_{\text{ВЫХ}}] < [U_2^*]$, нагреватели включаются.

То есть зона нечувствительности регулятора температуры $2 \cdot a = 4^\circ\text{C}$.

Задавая U_2^* с помощью регулировки R11, мы можем настроить терморегулятор на нужную поддерживаемую температуру.

Электрическая схема регулятора температуры представлена на рисунке 2.7.

										15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							44

№ детали	Наименование	Кол.	Примечание
K1, K6	Усилитель мощности типа ПМ-11	8	Включает
K3	Индикатор 220 В		содержащийся
2K9, 2K10, L1, K5, L5, L6, L7, L2		8	нагреватели зон
2K12, 2K5		8	нагреватели
RU1, RU2	Предохранитель типа ПРС 0x2-1		Электронный
	находясь в корпусе типа ВРЗ-ИПТУ №522014-57	2	
K1-K8	РЭС33 РЭС40, РЭС45		
T1	Трансформатор ТПТ 175-171/270-50	1	
VT1	ТТ1702Ф	8	
	Конденсаторы		
C1-C4	К50-17 ОК1, 274-02 0,1мкФ	32	
C5, C11	К50-11 ОК1, 2831-18 100мкФ		
C2, C7			
L4, 8		2	
C3, C10	К50-17 ОК1, 274-02 0,1мкФ		
C9, C20		4	
C5, C16	К50-11 ОК1, 2831-18 100мкФ		
C51, C52		4	
	Микроэлементы		
DA1-DA2	М03U2L	16	
DA3	М03U2DA	8	
DA4	К531L43	8	
DA33	Микроэлемент стабилизатора 7805	1	
DA34	Микроэлемент стабилизатора 7805	1	
DA35	КР422485	1	
DA36	КР42248А	1	
	Резисторы		
R1	МН-0,125-2кОм±0%	8	
R2, R3, R8	МН-0,125-2кОм±0%	24	
R4, R5, R6	МН-0,125-10кОм±0%		
R7, R9			
R10, R12			
R8, R9	МН-0,125-4,7кОм±0%	56	
R14, R15		16	
R16, R17			
R18, R19			
R20		16	
	Диоды		
VD1, VD3	КД186А Т13,362,08219		
VD5, VD7			
VD9, VD10			
VD11, VD12		8	
VD2, VD4, VD6, VD8, VD13, VD14, VD15, VD16, VD17, VD18, VD19, VD20			
VD1	КД186А Т13,362,08219		
VD2	КД186А Т13,362,08219		
VD3	КД186А Т13,362,08219		
VD4	КД186А Т13,362,08219		
VD5	КД186А Т13,362,08219		
VD6	КД186А Т13,362,08219		
VD7	КД186А Т13,362,08219		
VD8	КД186А Т13,362,08219		
VD9	КД186А Т13,362,08219		
VD10	КД186А Т13,362,08219		
VD11	КД186А Т13,362,08219		
VD12	КД186А Т13,362,08219		
VD13	КД186А Т13,362,08219		
VD14	КД186А Т13,362,08219		
VD15	КД186А Т13,362,08219		
VD16	КД186А Т13,362,08219		
VD17	КД186А Т13,362,08219		
VD18	КД186А Т13,362,08219		
VD19	КД186А Т13,362,08219		
VD20	КД186А Т13,362,08219		

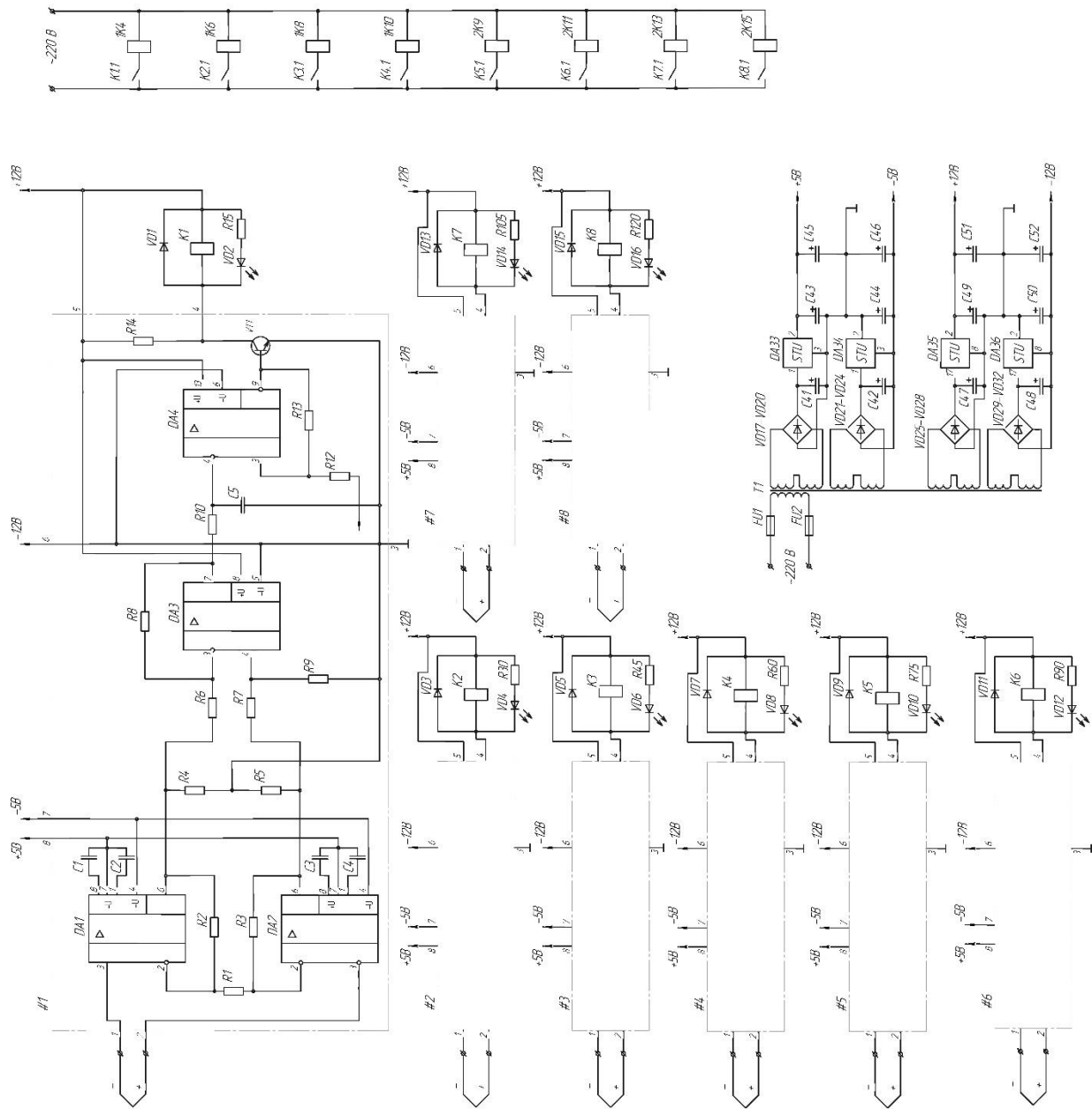


Рисунок 2.7 – Электрическая схема регулятора температуры

2.3.4 Расчёт безотказности устройства регулирования температуры

Рассмотрим систему, состоящую из m элементов, имеющих основное соединение. Отказ системы происходит при отказе любого элемента. В этом случае вероятность безотказной работы ее элементов:

$$P(t) = \prod_{i=1}^m P_i(t), \quad (2.14)$$

где $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента;
 m – число элементов, имеющих основное соединение.
В свою очередь, для каждого элемента можно записать:

$$P_i(t) = \prod_{j=1}^{m_i} P_j(t), \quad (2.15)$$

где $P_j(t)$ – вероятность безотказной работы j -го первичного элемента;
 m_i – число независимых элементов в i -ом элементе.

Очевидно, при независимости отказов отдельных первичных элементов можно записать:

$$P(t) = \prod_{k=1}^N P_k(t), \quad (2.16)$$

где $P_k(t)$ – вероятность безотказной работы k -го первичного элемента,
 N – число первичных элементов системы.

Для первичных элементов системы справедлив экспоненциальный закон надежности. В этом случае можно записать:

$$P(t) = \prod_{k=1}^N e^{-\lambda \cdot k \cdot t} = \exp(-t \cdot \sum_{k=1}^N \lambda \cdot k) \quad (2.17)$$

Интенсивность отказов системы и среднее время безотказной работы системы соответственно равны:

$$\lambda = \sum_{k=1}^N \lambda \cdot k, \quad (2.18)$$

$$T = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \lambda \cdot k}. \quad (2.19)$$

- 3) произведен выбор способа регулирования и типа регулятора температуры нагревательного элемента;
- 4) определили переходные процессы различных зон электропечей, которые удовлетворяют технологическому процессу;
- 5) разработана схемотехника регулятора температуры;
- 6) произведен расчет безотказности терморегулятора.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

3 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1 Разработка алгоритма управления агрегатом

Алгоритм работы агрегата для термической обработки состоит в следующем: после прогрева печей до необходимой температуры, при включенной системе маслоохлаждения, включенных вентиляторах, при работающем конвейере замоченного бака и при нахождении всех механизмов агрегата в исходном положении оператор вручную загружает пустой поддон изделиями и нажимает кнопку, разрешающую начало цикла. Детали при помощи толкателя попадают в закалочную электропечь (толкательную). Детали, проходя тепловые зоны, прогреваются до необходимой температуры и при помощи таскателя попадают в закалочный бак, наполненный маслом. После закалки в масле детали попадают на конвейерную ленту отпускной электропечи (конвейерной). После прохождения отпускной электропечи детали попадают в замочечный бак, наполненный водой. Продолжительность цикла 6,5 мин. (имеется в виду отрезок времени от момента поступления новой порции деталей в толкательную печь до момента следующего поступления новой порции деталей в толкательную печь (при этом в замочечный бак поступает новая порция «готовых» деталей).

Таким образом, подсистема управления должна обеспечивать:

- автоматическое управление механизмами агрегата в соответствии с информацией, поступающей с датчиков положения механизмов;
- контроль времени термообработки (цикличность);
- останов работы агрегата в случае нарушения его нормального режима работы.

Блок-схема алгоритма управления представлена на рисунке 3.1.

3.2 Выбор устройства управления

Для разрабатываемой автоматизированной системы управления был выбран контроллер программируемый «Камакон МК 8.32», так как он наиболее подходит для поставленных задач.

Контроллер «Камакон МК 8.32» предназначен для управления технологическими процессами и оборудованием (станками, автоматическими линиями, манипуляторами и т.д.), а также выполнения основных этапов процесса подготовки и отладки программ.

Контроллеры «Камакон МК 8.32» состоят из компоновочных каркасов с 14 посадочными местами и вставляемых модулей. Компоновочные каркасы изготавливаются в двух исполнениях по способу крепления контроллеров в шкафах управления. В нижней части каркаса располагаются блок вентиляторов и короб для укладки кабелей. Короб закрывается съемной крышкой.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

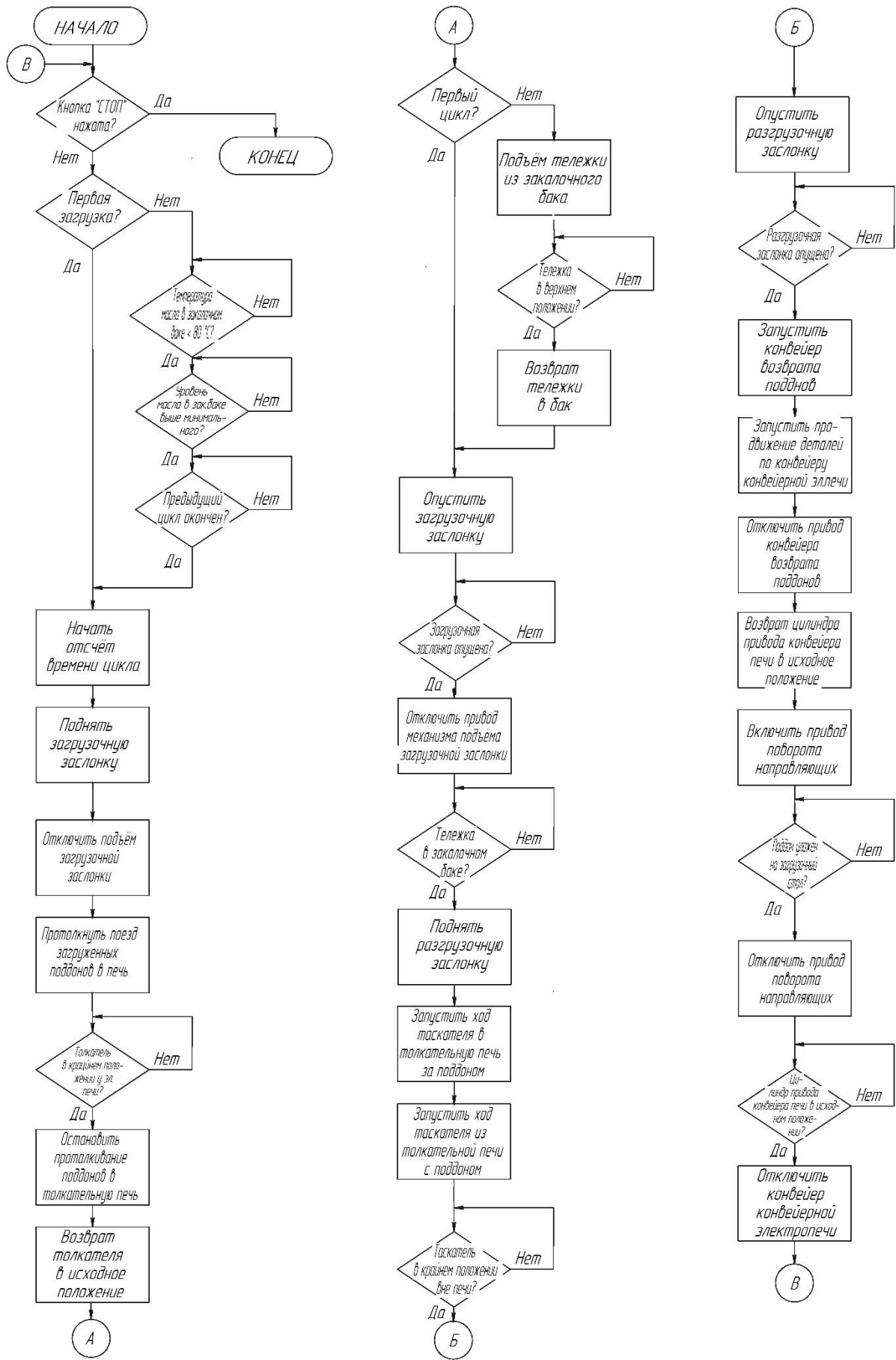


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма управления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ

Лист

50

Посадочные места "PW1" и "PW2" предназначены для установки модуля источника питания и платы резервного питания. Модули ввода/вывода могут занимать места 0...9,А. Посадочные места 9,А,В предназначены для установки модулей, имеющих доступ к общей памяти (модули процессора, контроллера сети). Адрес модуля ввода/вывода определяется местом, в которое он установлен.

Контроллер «Камакон МК 8.32» выполняет следующие функции:

1) управление технологического оборудования в соответствии с программой пользователя, реализующего технологический алгоритм;

2) диагностирование управляемого технологического оборудования в соответствии с программой, разработанной пользователем на входном языке контроллера;

3) осуществление связи по каналам последовательного интерфейса с ЭВМ верхнего уровня, обеспечивающего ввод-вывод и редактирование программы пользователя, ввод-вывод информации для управления технологическими процессами;

4) система команд контроллера обеспечивает выполнение следующих функциональных операций:

а) логические операции;

б) операции счета времени и числа импульсов;

в) операции с данными;

г) арифметические операции.

В выбранный контроллер «Камакон МК 8.32» могут входить следующие модули:

1) модуль процессора;

2) модуль источника питания;

3) модули дискретного ввода вывода;

4) модули аналогового ввода;

5) модули таймера (быстрого счета);

6) пульт технологический;

7) плата резервного питания.

Модуль процессора обязательно присутствует в любой конфигурации контроллера. На лицевой панели процессора расположены два разъема для подключения станции программирования и технологического пульта. В качестве станции программирования используется персональный компьютер. На ПК средствами языка "ФОКОН" создается загрузочный программный модуль, который может быть загружен в ОЗУ контроллера или записан в ПЗУ с помощью программатора. Процессор считывает состояние объекта управления через модули ввода, обрабатывает программу пользователя, выдает управляющие сигналы через модули вывода, реализуя алгоритм управления объектом. Блок питания содержит плату резервного питания, обеспечивающую сохранение информации в энергонезависимой памяти при отключении основного питания. Технологический пульт, подключаемый к процессору через разъем на лицевой панели, предназначен для ввода-вывода технологической информации процесса.

Модули ввода-вывода дискретных сигналов имеют гальваническую развязку этих сигналов от сигналов процессора. Внешние цепи подключаются к модулям, имеющим 16 каналов для модулей вывода и 24 канала для модулей ввода дискретных сигналов постоянного тока с общей шиной на каждые 8 каналов.

Модуль процессора непосредственно реализует алгоритм управления, считывая состояние объекта через модули ввода и выдавая результаты обработки через модули вывода. Программа управления объектом, создаваемая средствами языка “ФОКОН”, может храниться в энергонезависимой памяти (ОЗУ) или в ПЗУ. Технические характеристики модуля процессора приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики модуля процессора

Характеристика	Значение
Тип микропроцессора	UA880D (Z80)
объем памяти, Кб	48
тактовая частота каналов, МГц	4

Модуль источника питания формирует напряжения, необходимые для работы всех остальных модулей контроллера. При коммутации питания, а также при изменении вырабатываемых напряжений за допустимые пределы формируется сигнал установки модулей контроллера в исходное состояние, блокируя обработку программы. Технические характеристики модуля источника питания:

- +5 В \pm 5%, 10 А;
- +12 В \pm 5%, 0,1 А – изолированное;
- +12 В \pm 5%, 0,5 А;
- 12 В \pm 5%, 0,5 А.

Плата резервного питания обеспечивает сохранение программы пользователя в ОЗУ при пропадании питающих напряжений (выключение источника питания), пропадание напряжения сети, аварийное отключение источника питания. Сохранность программы обеспечивается с помощью аккумуляторов.

Модуль ввода дискретных сигналов постоянного тока осуществляет гальваническую развязку и преобразование дискретных сигналов о состоянии объекта управления с номинальным напряжением 24 В в TTL-уровень. Технические характеристики модуля ввода дискретных сигналов приведены в таблице 3.2.

Модуль вывода дискретных сигналов осуществляет гальваническую развязку и преобразование дискретных сигналов управления объектом из TTL-уровня в уровень с номинальным напряжением 24 В. Технические характеристики модуля вывода дискретных сигналов приведены в таблице 3.3.

Модуль быстрого счета предназначен для реверсивного счета импульсов высокой частоты.

Модуль быстрого счета имеет:

- а) входы для подключения датчика типа BE178 с уровнем входных сигналов 24 В;
- б) вход прямого счета импульсов с уровнем входного сигнала 24 В;
- в) вход обратного счета импульсов с уровнем входного сигнала 24 В;

- г) вход разрешения счета;
- д) вход старта счёта;
- е) 4 выходных сигнала с номинальным напряжением 24 В и номинальным током 500 мА.

Таблица 3.2 – Технические характеристики модуля ввода дискретных сигналов

Характеристика	Значение
Количество каналов входа	24
Ток потребляемый по входу, мА	10
Номинальный уровень напряжения, В	24
Низкий уровень (лог. 0), В	от 0 до 7,2
Высокий уровень (лог. 1), В	от 14,0 до 28,8
Задержка входного сигнала, мс	от 8 до 12

Таблица 3.3 – Технические характеристики модуля вывода дискретных сигналов

Характеристика	Значение
Количество каналов входа	16
Номинальное напряжение, прикладываемое со стороны нагрузки, В	24
Выходной ток при низком сопротивлении выходной цепи, А	не более 2
Остаточное напряжение (падение напряжения на выходе) при токе 2 А, В	не более 2
Остаточный ток (ток утечки выключенного выхода) при макс. напряжении 30 В, мА	не более 2

Диапазон счисления не ограничивается. Счет больше 256 выполняется в сочетании с программным счетчиком. Имеется возможность задания двух порогов сравнения. Частота входных сигналов датчика, а также со входов прямого и обратного счета не более 50 кГц. Подвод напряжения питания к датчикам от внешнего источника.

Модуль ввода аналоговых сигналов предназначен для аналого-цифрового преобразования потенциальных или токовых сигналов с гальванической развязкой объекта от контроллера.

Модуль представляется в двух модификациях по виду преобразования сигналов (ток/напряжение) и в двух модификациях по пределам преобразования (10 В/1 В или 20 мА/10 мА). Технические характеристики модуля ввода аналоговых сигналов приведены в таблице 3.4.

Технологический пульт предназначен для работы совместно с контроллером МК8.32. Позволяет выводить на встроенный экран текстовые сообщения для оператора. Пульт представляет собой моноблок со встроенным дисплеем и клавиатурой. Для подключения к контроллеру имеется последовательный интерфейс “токовая петля 20 мА”, а также потенциальный V.24.

Схема подключения контроллера приведена на рисунке 3.2.

Таблица 3.4 – Технические характеристики модуля ввода аналоговых сигналов

Характеристика	Значение
Тип микропроцессора	UA880D (Z80)
Пределы преобразования	± 10 В, ± 1 В ± 20 мА, ± 10 мА;
Входное сопротивление: для потенциальных сигналов, кОм для токовых сигналов, Ом	100 100
Разрядность преобразования	10 + знаковый разряд
Количество каналов преобразования	4 симметричных или 8 несимметричных
Погрешность преобразования, %	не более 0,25
Наличие цифровой коррекции погрешностей преобразования и самодиагностики	+
Индикация величины сигнала по одному выбранному каналу	+

3.3 Выбор датчиков позиционирования

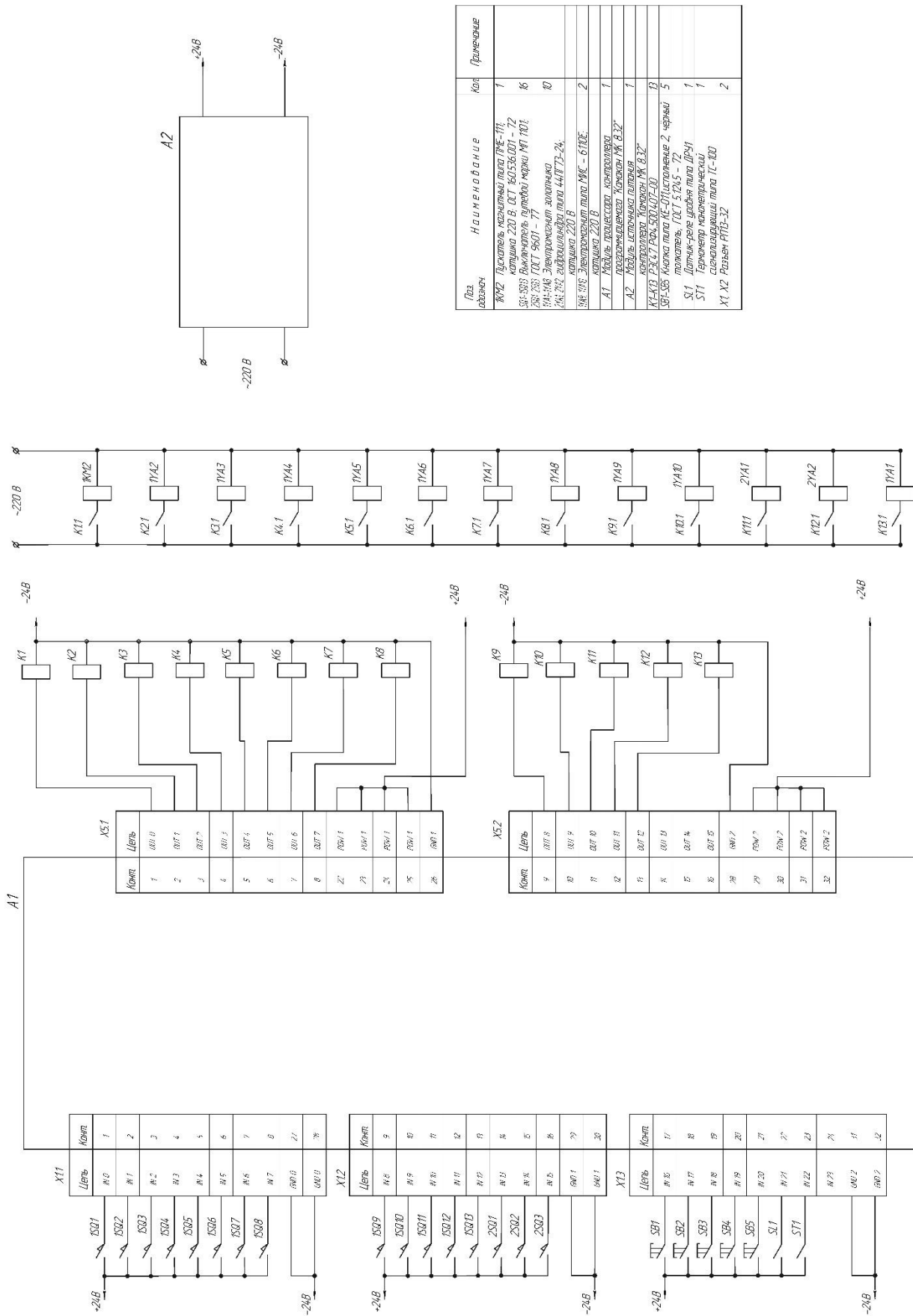
Для разрабатываемой системы управления выбираем переключатели бесконтактные торцевые серии БТП 101-24. Выходной сигнал с переключателей БТП 101-24 полностью соответствует требованиям к входным сигналам для ПК «Комакон МК 8.32» и не требует дополнительных преобразований. Кроме того, условия эксплуатации датчиков позиционирования пригодны для условий работы в составе термоагрегатов. Рабочее положение датчиков в пространстве - любое. Переключатели являются восстанавливаемыми изделиями. Они не создают промышленных помех радиочастотного диапазона. Технические характеристики БТП 101-24 приведены в таблице 3.5.

Переключатели работают по принципу управляемого генератора, коммутация происходит при приближении к чувствительному элементу контролируемой детали или управляющего элемента из конструкционной стали.

Переключатели выполнены на дискретной элементной базе. Напряжение питания генератора и триггера этих переключателей застabilизировано параметрическим стабилизатором.

Все переключатели снабжены схемами защиты от неправильной полярности питающего напряжения и от перенапряжений при отключении индуктивной нагрузки.

Конструктивно переключатели БТП 101-24 выполнены в стальном цилиндрическом хромированном корпусе. Элементы переключателя смонтированы на стеклотекстолитовой плате с односторонним печатным монтажом. На торце платы установлена открытая ферритовая чашка с катушками индуктивности, являющаяся чувствительным элементом.



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
К1-K13	Переключатель магнитный типа ПМЕ-111, катушка 220 В, СС1 160536.001 - 12	16	
К14-K16	Выключатель пультный марки ПМТ 101, 250 В, СС1 9501 - 77	10	
К17-K18	Электронный выключатель, 250 В, СС1 440173-24	2	
К19	Катушка 220 В	1	
К20	Катушка 220 В	1	
К21	Катушка 220 В	1	
К22	Катушка 220 В	1	
К23	Катушка 220 В	1	
К24	Катушка 220 В	1	
К25	Катушка 220 В	1	
К26	Катушка 220 В	1	
К27	Катушка 220 В	1	
К28	Катушка 220 В	1	
К29	Катушка 220 В	1	
К30	Катушка 220 В	1	
К31	Катушка 220 В	1	
К32	Катушка 220 В	1	
К33	Катушка 220 В	1	
К34	Катушка 220 В	1	
К35	Катушка 220 В	1	
К36	Катушка 220 В	1	
К37	Катушка 220 В	1	
К38	Катушка 220 В	1	
К39	Катушка 220 В	1	
К40	Катушка 220 В	1	
К41	Катушка 220 В	1	
К42	Катушка 220 В	1	
К43	Катушка 220 В	1	
К44	Катушка 220 В	1	
К45	Катушка 220 В	1	
К46	Катушка 220 В	1	
К47	Катушка 220 В	1	
К48	Катушка 220 В	1	
К49	Катушка 220 В	1	
К50	Катушка 220 В	1	
К51	Катушка 220 В	1	
К52	Катушка 220 В	1	
К53	Катушка 220 В	1	
К54	Катушка 220 В	1	
К55	Катушка 220 В	1	
К56	Катушка 220 В	1	
К57	Катушка 220 В	1	
К58	Катушка 220 В	1	
К59	Катушка 220 В	1	
К60	Катушка 220 В	1	
К61	Катушка 220 В	1	
К62	Катушка 220 В	1	
К63	Катушка 220 В	1	
К64	Катушка 220 В	1	
К65	Катушка 220 В	1	
К66	Катушка 220 В	1	
К67	Катушка 220 В	1	
К68	Катушка 220 В	1	
К69	Катушка 220 В	1	
К70	Катушка 220 В	1	
К71	Катушка 220 В	1	
К72	Катушка 220 В	1	
К73	Катушка 220 В	1	
К74	Катушка 220 В	1	
К75	Катушка 220 В	1	
К76	Катушка 220 В	1	
К77	Катушка 220 В	1	
К78	Катушка 220 В	1	
К79	Катушка 220 В	1	
К80	Катушка 220 В	1	
К81	Катушка 220 В	1	
К82	Катушка 220 В	1	
К83	Катушка 220 В	1	
К84	Катушка 220 В	1	
К85	Катушка 220 В	1	
К86	Катушка 220 В	1	
К87	Катушка 220 В	1	
К88	Катушка 220 В	1	
К89	Катушка 220 В	1	
К90	Катушка 220 В	1	
К91	Катушка 220 В	1	
К92	Катушка 220 В	1	
К93	Катушка 220 В	1	
К94	Катушка 220 В	1	
К95	Катушка 220 В	1	
К96	Катушка 220 В	1	
К97	Катушка 220 В	1	
К98	Катушка 220 В	1	
К99	Катушка 220 В	1	
К100	Катушка 220 В	1	
К101	Катушка 220 В	1	
К102	Катушка 220 В	1	
К103	Катушка 220 В	1	
К104	Катушка 220 В	1	
К105	Катушка 220 В	1	
К106	Катушка 220 В	1	
К107	Катушка 220 В	1	
К108	Катушка 220 В	1	
К109	Катушка 220 В	1	
К110	Катушка 220 В	1	
К111	Катушка 220 В	1	
К112	Катушка 220 В	1	
К113	Катушка 220 В	1	
К114	Катушка 220 В	1	
К115	Катушка 220 В	1	
К116	Катушка 220 В	1	
К117	Катушка 220 В	1	
К118	Катушка 220 В	1	
К119	Катушка 220 В	1	
К120	Катушка 220 В	1	
К121	Катушка 220 В	1	
К122	Катушка 220 В	1	
К123	Катушка 220 В	1	
К124	Катушка 220 В	1	
К125	Катушка 220 В	1	
К126	Катушка 220 В	1	
К127	Катушка 220 В	1	
К128	Катушка 220 В	1	
К129	Катушка 220 В	1	
К130	Катушка 220 В	1	
К131	Катушка 220 В	1	
К132	Катушка 220 В	1	
К133	Катушка 220 В	1	
К134	Катушка 220 В	1	
К135	Катушка 220 В	1	
К136	Катушка 220 В	1	
К137	Катушка 220 В	1	
К138	Катушка 220 В	1	
К139	Катушка 220 В	1	
К140	Катушка 220 В	1	
К141	Катушка 220 В	1	
К142	Катушка 220 В	1	
К143	Катушка 220 В	1	
К144	Катушка 220 В	1	
К145	Катушка 220 В	1	
К146	Катушка 220 В	1	
К147	Катушка 220 В	1	
К148	Катушка 220 В	1	
К149	Катушка 220 В	1	
К150	Катушка 220 В	1	
К151	Катушка 220 В	1	
К152	Катушка 220 В	1	
К153	Катушка 220 В	1	
К154	Катушка 220 В	1	
К155	Катушка 220 В	1	
К156	Катушка 220 В	1	
К157	Катушка 220 В	1	
К158	Катушка 220 В	1	
К159	Катушка 220 В	1	
К160	Катушка 220 В	1	
К161	Катушка 220 В	1	
К162	Катушка 220 В	1	
К163	Катушка 220 В	1	
К164	Катушка 220 В	1	
К165	Катушка 220 В	1	
К166	Катушка 220 В	1	
К167	Катушка 220 В	1	
К168	Катушка 220 В	1	
К169	Катушка 220 В	1	
К170	Катушка 220 В	1	
К171	Катушка 220 В	1	
К172	Катушка 220 В	1	
К173	Катушка 220 В	1	
К174	Катушка 220 В	1	
К175	Катушка 220 В	1	
К176	Катушка 220 В	1	
К177	Катушка 220 В	1	
К178	Катушка 220 В	1	
К179	Катушка 220 В	1	
К180	Катушка 220 В	1	
К181	Катушка 220 В	1	
К182	Катушка 220 В	1	
К183	Катушка 220 В	1	
К184	Катушка 220 В	1	
К185	Катушка 220 В	1	
К186	Катушка 220 В	1	
К187	Катушка 220 В	1	
К188	Катушка 220 В	1	
К189	Катушка 220 В	1	
К190	Катушка 220 В	1	
К191	Катушка 220 В	1	
К192	Катушка 220 В	1	
К193	Катушка 220 В	1	
К194	Катушка 220 В	1	
К195	Катушка 220 В	1	
К196	Катушка 220 В	1	
К197	Катушка 220 В	1	
К198	Катушка 220 В	1	
К199	Катушка 220 В	1	
К200	Катушка 220 В	1	

Рисунок 3.2 – Схема подключений контроллера

Таблица 3.5 – Технические характеристики БТП 101-24

Характеристика	Значение
Диаметр корпуса, мм	24
Максимальный ток нагрузки, А	0,2
Максимальное расстояние воздействия, мм	7
Воспроизводимость максимального расстояния воздействия, мм	0,10
Масса, кг	0,185
Напряжение питания, В	24
Коэффициент пульсации напряжения питания, не более	0,1
Допустимые отклонения напряжения питания от номинального U_n	$0,85U_n \dots 1,25U_n$
Напряжение, В, на выходе переключателя при $U=U_n$: соответствующее уровню «0» соответствующее уровню «1»	1 23
Изменение максимального расстояния воздействия при изменении температуры окружающей среды от 45 до -10 °С, мм	$-0,2 \dots 0,6$
Изменение максимального расстояния воздействия при изменении напряжения питания в пределах от 0,85 до $1,25 U_n$, мм	$\pm 0,1$
Дифференциал хода, мм	$0,07 \dots 1$
Максимальная частота срабатывания, Гц	1000
Потребляемая мощность, Вт, не более	0,5
Вероятность безотказной работы за 10000ч	0,94
Испытательное напряжение для проверки прочности, В	500

Переключатели могут устанавливаться на металлическом или изоляционном основании либо с помощью крепежных гаек, либо непосредственно ввинчиваются в основание. Переключатели могут быть использованы в агрессивных средах.

3.4 Выбор датчиков температуры

Температура объекта или технологического процесса может измеряться несколькими наиболее популярными датчиками температуры:

1) Терморезистор. При повышении температуры терморезистора его электрическое сопротивление увеличивается линейно. При использовании терморезисторов в качестве датчиков температура терморезистора практически определяется только температурой окружающей среды. Ток, проходящий через терморезистор, очень мал и практически не нагревает его. Наибольшее распространение получили терморезисторы типов ТСП (платиновые) и ТСМ (медные). Диапазон измерения температур ТСП ($-200 \dots +750^\circ\text{C}$), а ТСМ ($-50 \dots +150^\circ\text{C}$).

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

В процессе измерения температуры с помощью терморезисторов могут возникать следующие погрешности:

- от колебания напряжения питания;
- от изменения сопротивления соединительных проводов при колебаниях температуры окружающей среды;
- от собственного нагрева датчика, под действием протекающего через него тока;
- динамическая погрешность (при быстром изменении температуры).

2) Полупроводниковые терморезисторы. Сопротивление полупроводниковых терморезисторов (термисторов) резко уменьшается с ростом температуры. Их чувствительность значительно выше, чем металлических, поскольку температурный коэффициент сопротивления термисторов примерно на порядок больше, чем у металлических. Если для металлов $\alpha = (4 \dots 6) \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, то для полупроводниковых терморезисторов $\alpha > 4 \cdot 10^{-2} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Правда, для термисторов этот коэффициент непостоянен, он зависит от температуры и им редко пользуются при практических расчетах. Электрическое сопротивление термистора при окружающей температуре $+20^\circ\text{C}$ для термисторов типов ММТ-1, ММТ-4, ММТ-5 может составлять 1 - 200 кОм, а для типов КМТ-1, КМТ-4 от 20 до 1000 кОм. Верхний диапазон измеряемых температур для типа ММТ - 120°C , а для типов КМТ - 180°C . Ток, проходящий через термистор, настолько мал, что не вызывает дополнительного разогрева термистора.

3) Термопары. Термоэлектрические датчики относятся к датчикам генераторного типа. Их работа основана на одном из термоэлектрических явлений – появлении термоЭДС. В зависимости от материала электродов термопары разделяются на две основные группы: из благородных и неблагородных металлов.

Наибольшее распространение из первой группы получила термопара типа ТПП (платинородий – платина). Эта термопара может использоваться как образцовая. Достоинством ее является химическая стойкость к окислительной среде, взаимозаменяемость термоэлектродов, повторяемость характеристик. Недостаток – малое значение термоЭДС. Термопара типа ТПП может длительно работать при температуре 1300°C .

Сравнение технических характеристик датчиков температуры приведено в таблице 3.6.

Для разрабатываемой автоматизированной системы управления были выбраны датчики температуры типа ТХА, так как они наиболее подходят для поставленных задач.

Выводы по разделу три

В данном разделе была произведена разработка алгоритма управления агрегатом, выбраны: устройство позиционирования, устройство управления, датчики позиционирования и температуры.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таблица 3.6 – Сравнение датчиков температуры

Тип термопары	Материал электродов		Коэффициент термоЭДС, мкВ/°С (в диапазоне температур, °С)	Диапазон рабочих температур, °С	Пределная температура при кратковременном применении, °С	Стоимость, руб.
	положительного	отрицательного				
ТХА	Сплав хромель (90,5% Ni+9,5% Cr)	Сплав алюминель (94,5% Ni + 5,5% Al, Si, Mn, Co)	35-42 (0-1300)	от -200 до +1200	1300	897
ТНН	Сплав никросил (83,49% Ni+13,7 Cr+1,2% Si+0,15% Fe+0,05% C+0,01% Mg)	Сплав нисил (94,98% Ni +0,02% Cr +4,2% Si +0,15% Fe +0,05% C +0,05% Mg)	26-36 (0-1300)	от -270 до +1300	1300	934
ТПП13	Сплав платина-родий (87% Pt +13% Rh)	Платина (Pt)	10-14 (600-1600)	от 0 до +1300	1600	3200
ТВР	Сплав вольфрам-рений (95% W +5% Re)	Сплав вольфрам-рений (80% W +20% Re)	14-7 (1300-2500)	от 0 до +1800	2500	1300

4 ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Эффективность автоматизированного агрегата

Экономическая эффективность агрегата определяется повышением уровня автоматизации и организации производственных процессов, осуществляемых на них, гибкостью этих модулей при смене объектов производства. Эти и другие факторы определяют источники экономии и затрат, учитываемые при расчете годового экономического эффекта.

Основными источниками эффективности автоматизированного комплекса являются:

- повышение производительности оборудования за счет более полного использования его технических возможностей;
 - сокращение времени обслуживания оборудования и как следствие времени изготовления детали;
 - повышение производительности за счет снижения процента брака в изделиях;
 - повышение качества и точности изготовления изделий;
- сокращение времени контроля изделий;
- повышение производительности труда как следствие замены ручного и машинно-ручного труда автоматизированным (на основных и вспомогательных операциях), сокращение потерь рабочего времени и высвобождение рабочих.

Применение автоматизированного комплекса позволяет решить ряд социальных задач:

- изменение характера и повышение качества условий труда;
- сокращение травматизма и т.д.

4.2 Определение экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса.

Определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении приведенных затрат по базовой и новой конструкции.

Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$П=C+E_n \cdot K, \text{ руб.} \quad (4.1)$$

где C – себестоимость механической обработки годовой продукции по данному варианту, руб.;

E_n – отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n=0,15$);

K – капитальные вложения по тому же варианту, руб.

Годовой экономический эффект определяется по разности приведенных затрат двух вариантов:

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$\mathcal{E}_r = \Pi_1 - \Pi_2 = C_1 - C_2 - E_n \cdot (K_2 - K_1), \text{ руб.} \quad (4.2)$$

Условно годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{y.g} = C_1 - C_2, \text{ руб.} \quad (4.3)$$

Тогда годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{y.g} - E_n (K_2 - K_1), \text{ руб.}, \quad (4.4)$$

где $K_2 - K_1 = K_d$ - дополнительные капитальные вложения, требуемые для внедрения автоматизированного комплекса.

4.3 Расчет вспомогательных показателей.

Для расчета капитальных и текущих затрат необходимо предварительно определить:

а) коэффициенты использования оборудования при выполнении операции с условным годовым выпуском $N=4000$ шт.

Находим их по формуле расчетного числа станков:

$$S_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{шк}} \cdot N}{F_{\text{д.о}} \cdot 60} \quad (4.5)$$

где $T_{\text{шк}}$ - норма штучно-калькуляционного времени, для базового и проектируемого вариантов она будет соответственно равна:

$$T_{\text{шк1}} = 38,4 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шк2}} = 31,1 \text{ мин.}$$

$F_{\text{д.о}}$ - действительный (эффективный) фонд времени работы оборудования в год (при двухсменном режиме работы), равный разнице номинального годового фонда времени и его потерь (5%).

$$F_{\text{д.о}} = 4140 - 4140 \cdot 0,05 = 3935 \text{ час.}$$

б) коэффициенты занятости производственных рабочих.

В базовом и проектируемом вариантах количество производственных рабочих определяется по формуле:

$$R_n = \frac{T_{\text{шк}} \cdot N}{F_{\text{д.р}} \cdot 60 \cdot S_m}, \text{ чел.}, \quad (4.6)$$

где $F_{\text{д.р}}$ - действительный фонд времени работы производственного рабочего ($F_{\text{д.р}} = 1820$ час.);

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

S_m – коэффициент многостаночности ($S_m=1$).

Число высвобождаемых рабочих определяется по формуле:

$$Ч_{в.р} = R_{п1} - R_{п2}. \quad (4.7)$$

Расчеты сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет вспомогательных показателей

Наименование показателя	Расчетная формула	Расчет	
		1 вариант (базовый)	2 вариант (проектируемый)
1. Расчетное число оборудования, ед.	$S_p = \frac{T_{шк} \cdot N}{F_{д.о} \cdot 60}$	$S_{p1} = \frac{38,4 \cdot 4000}{3935 \cdot 60} = 0,65$	$S_{p1} = \frac{32,1 \cdot 4000}{3935 \cdot 60} = 0,54$
2. Количество рабочих, чел.	$R_n = \frac{T_{шк} \cdot N}{F_{д.р} \cdot 60 \cdot S_m}$	$R_n = \frac{38,4 \cdot 4000}{1820 \cdot 60 \cdot 1} = 7,5$	$R_n = \frac{2,4 \cdot 100000}{1820 \cdot 60 \cdot 1} = 4,1$
3. Количество высвобождаемых рабочих	$Ч_{в.р} = R_{п1} - R_{п2}.$	$Ч_{в.р} = 8 - 4 = 4.$	

4.4 Расчет суммы капитальных вложений по сравниваемым вариантам

Капитальные вложения K , учитываемые при определении эффективности складываются из следующих затрат:

1) Балансовая стоимость оборудования:

$$K_{об} = Ц_{об} \cdot S_{пр} \cdot 1,1 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где $Ц_{об}$ – стоимость единицы оборудования;

$S_{пр}$ – принятое число станков на анализируемой операции;

1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и монтаж.

Для базового варианта стоимость единицы оборудования $Ц_{об}$ равна стоимости станка.

Для проектируемого варианта стоимость единицы оборудования $Ц_{об}$ рассчитываем в таблице 4.2.

Модернизация оборудования (3% от стоимости основного оборудования):

$$0,03 \cdot 1916670 = 57500 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Расчет стоимости автоматизированного комплекса

Наименование оборудования	Количество	Стоимость, руб
Печь толкательная	1	1105300
Печь конвейерная	1	811370
Бак закалочный	1	85120
Бак замоченный	1	79200
Программируемый контроллер	1	23600
Регулятор температуры	8	560
Датчик позиционирования	14	240
Датчик температуры типа ТХА	8	897
Итого:		2119606

Монтаж и отладка комплекса (3% от стоимости всего оборудования):

$$0,03 \cdot 2119606 = 63588 \text{ руб.}$$

Проектные работы (2% от стоимости всего оборудования):

$$0,02 \cdot 2119606 = 42392 \text{ руб.}$$

Итого: стоимость комплекса:

$$Ц_{об} = 2251806 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения для базового варианта:

$$K_{об1} = 589090 \cdot 2 \cdot 1,1 = 1296000 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения для проектируемого варианта:

$$K_{об2} = 2251806 \cdot 1 \cdot 1,1 = 2476986 \text{ руб.}$$

2) Стоимость производственной, вспомогательной и служебно-бытовой площадей:

$$K_{пл} = 1,1 \cdot Ц_{пл} \cdot F_{об} \cdot \gamma \cdot S_{пр} \cdot Ц_{пл.быт} \cdot F_{быт} \cdot R_{п} \text{ руб.} \quad (4.9)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий вспомогательную площадь;

$Ц_{пл}$ – стоимость одного квадратного метра площади ($Ц_{пл} = 886 \text{ руб.}$);

$F_{об}$ – площадь, занимаемая оборудованием, m^2 ;

γ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

$S_{пр}$ – принятое число станков, шт.;

$Ц_{пл.быт}$ – стоимость одного квадратного метра площади служебно-бытовых помещений ($Ц_{пл.быт} = 400 \text{ руб.}$);

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$F_{\text{быт}}$ – площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего ($F_{\text{быт}} = 7 \text{ м}^2$);

$R_{\text{п}}$ – количество производственных рабочих, чел.

Капитальные вложения в площади для базового варианта:

$$K_{\text{пл1}} = 1,1 \cdot 886 \cdot 2,5 \cdot 5 \cdot 2 + 400 \cdot 7 \cdot 4 = 35565 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в площади для проектируемого варианта:

$$K_{\text{пл2}} = 1,1 \cdot 886 \cdot 4,3 \cdot 4,5 \cdot 1 + 400 \cdot 7 \cdot 2 = 24459 \text{ руб.}$$

Итого: капитальные вложения по сравниваемым вариантам:

$$K_1 = K_{\text{об1}} + K_{\text{пл1}}$$

$$K_1 = 1296000 + 35565 = 1321545 \text{ руб.}$$

$$K_2 = K_{\text{об2}} + K_{\text{пл2}}$$

$$K_2 = 2476986 + 24459 = 2501445 \text{ руб.}$$

4.5 Расчет отдельных статей себестоимости

1) Затраты на основную и дополнительную заработную плату с отчислениями производственных рабочих:

$$З = P_{\text{сд}} \cdot N \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{р.к}} \cdot \eta_{\text{доп}} \cdot \eta_{\text{соц}} \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

где $P_{\text{сд}}$ – сдельная расценка за операцию:

$$P_{\text{сд}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шк}} / 60 \text{ руб.}; \quad (4.11)$$

$T_{\text{ст}}$ – часовая тарифная ставка соответствующего разряда работ, руб.;

$T_{\text{шк}}$ – норма штучно-калькуляционного времени, мин.;

N – годовой выпуск деталей, шт.;

$\eta_{\text{р.к}}$ – районный коэффициент ($\eta_{\text{р.к}} = 1,15$);

$\eta_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($\eta_{\text{доп}} = 1,18$);

$\eta_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды ($\eta_{\text{соц}} = 1,279$).

2) Затраты на амортизацию технологического оборудования:

$$A = \frac{K_{\text{об}} \cdot a}{100} \quad (4.12)$$

где a – норма амортизационных отчислений, которая устанавливается, исходя из срока полезного использования $T=10$ лет ($a=10\%$).

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

3) Затраты на ремонт и содержание площадей:

$$Z_{пл} = N_{пл} (F_{об} \cdot \gamma \cdot S_{пр} \cdot 1,1 + F_{быт} \cdot R_{п}) \text{ руб.} \quad (4.13)$$

где $N_{пл}$ – норматив затрат на ремонт и содержание одного квадратного метра производственной площади и площади служебно-бытовых помещений ($N_{пл}=180$ руб.).

Все расчеты сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет технологической себестоимости

Статьи затрат	Расчетная формула	Расчет	
		1 вариант (базовый)	2 вариант (проектируемый)
1. Затраты на заработную плату производственных рабочих, руб.	$Z = T_{ст} \times \eta_{р.к} \cdot \eta_{доп} \cdot \eta_{соц}$	$Z_1 = 1309140$	$Z_2 = 654570$
2. Затраты на амортизацию технологического оборудования, руб.	$A = \frac{K_{об} \cdot a}{100}$	$A_1 = \frac{1296000 \cdot 10}{100} = 129600$	$A_2 = \frac{2476986 \cdot 10}{100} = 247699$
3. Затраты на ремонт и содержание площадей, руб.	$Z_{пл} = N_{пл} \cdot (F_{об} \cdot \gamma \times S_{пр} \cdot 1,1 + F_{быт} \cdot R_{п})$	$Z_{пл1} = 180 \cdot (2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times 1,1 + 7 \cdot 8) = 9990$	$Z_{пл2} = 180 \cdot (4,3 \cdot 4,5 \cdot 1 \times 1,1 + 7 \cdot 4) = 6352$
Итого:		$C_1 = 1448730$	$C_2 = 908621$

4.6 Обоснование экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса.

В результате расчетов (таблица 4.4) установлена экономическая целесообразность внедрения разработанного автоматизированного комплекса, а именно:

- увеличение производительности труда и высвобождение численности рабочих на 50 %;
- снижение себестоимости операции на 37 %;
- годовой экономический эффект составляет 364627 руб.

Таблица 4.4 – Расчет показателей экономической эффективности внедрения автоматизированного комплекса.

Наименование показателя	Единица измерения	Расчетная формула	Расчет
1. Условно годовая экономия.	Руб.	$\mathcal{E}_{y.g} = C_1 - C_2$	$\mathcal{E}_{y.g} = 1448730 - 908621 = 540109$
2. Дополнительные капитальные затраты.	Руб.	$K_d = K_2 - K_1$	$K_d = 2501445 - 1321545 = 1169880$
3. Годовой экономический эффект.	Руб.	$\mathcal{E}_{год} = \mathcal{E}_{y.g} - E_n \cdot K_d$	$\mathcal{E}_{год} = 540109 - 0,15 \cdot 1169880 = 364627$
4. Снижение себестоимости операции.	%	$\alpha_{себ} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$	$\alpha_{себ} = \frac{1448730 - 908621}{1448730} \times 100\% = 37$
5. Высвобождение рабочих.	%	$\alpha_{числ} = \frac{R_{п1} - R_{п2}}{R_{п1}} \times 100\%$	$\alpha_{числ} = \frac{8 - 4}{8} \times 100\% = 50$

Выводы по разделу четыре

В данном разделе был произведен расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения автоматизированного комплекса. Рассчитаны суммы капитальных вложений, вспомогательных показателей и отдельных статей себестоимости.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке

5.1.1 Организационно-технические мероприятия

Отопление и вентиляция. Для поддержания заданной температуры в холодный период на участке используется система водяного отопления с нагревом воды до 100 °С. Вода в систему отопления подается от заводской котельной, в качестве побудителей движения воды используют водяные насосы.

Для данного технологического процесса предусмотрена как естественная неорганизованная, так и искусственная механическая вентиляция. Искусственная приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает подачу чистого воздуха заданной температуры в помещение участка и к рабочим местам, а также удаление тепла, выделяющегося при работе агрегата, из помещения.

Предусмотрено подключение вытяжной вентиляции закалочного бака для удаления паров масла и замоченного бака для удаления паров воды. Вытяжка паров масла производится отдельной вентиляционной системой.

Освещение. На термическом участке в качестве рабочего освещения, используется система общего искусственного освещения. Комбинированное освещение применено на рабочем месте оператора автоматизированного термоагрегата, где для качественного и безопасного выполнения производственных операций необходимо дополнительное освещение.

Для освещения рабочих помещений используются светильники с лампами типа ДРЛ. Освещенность рабочего места оператора автоматизированного термоагрегата составляет не менее 600 лк. Освещенность рабочих поверхностей (в том числе пола в зонах ванн нагрева и охлаждения деталей в воздушных и жидких средах) составляет не менее 200 лк. Освещенность проходов и участков, где работы не производятся составляет не менее 75 лк.

На случай аварийного отключения рабочего освещения на участке предусмотрено аварийное освещение. Питание светильников рабочего и аварийного освещения осуществляется от независимых друг от друга источников. В качестве источников света аварийного освещения использованы лампы накаливания. Освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении составляет не менее 7 лк.

Показатели качества освещения (коэффициент пульсации освещенности, показатель ослепленности) на рабочих местах не превышают значений, установленных СНиП 23-05.

Организация рабочего места. Размещение производственного оборудования на участке обеспечивает доступность и удобство его обслуживания.

Для каждого работника обеспечено удобное рабочее место, не стесняющее его действий во время работы. Рабочие места расположены вне линии движения грузов, переносимых грузоподъемными средствами. Для размещения на рабочем месте приспособлений, оснастки, инструмента предусмотрены шкафы, стеллажи,

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

этажерки. Пульт управления автоматизированным агрегатом располагается таким образом, чтобы персонал не подвергался воздействию высоких температур и вредных газов. Температура органов управления не превышает 40 0С. Контрольно-измерительные приборы и щиты управления расположены в легкодоступном месте. Поверхности органов управления, предназначенных для действия в аварийных ситуациях, окрашены в красный цвет. Размещение оборудования и рабочих мест в термическом цехе предусматривает возможность безопасной эвакуации персонала в случае аварийной ситуации.

5.1.2 Технические мероприятия

Оборудование термического участка устанавливается в соответствии с основным направлением грузопотока. Расстояние между оборудованием и стенами здания не менее одного метра. Закалочные и моечные ванны, установленные в прямках, выступают над уровнем пола на высоту 1,0 м. В случае меньшей высоты такое оборудование ограждено барьером высотой не менее 1,0 м. Размещение нагревательных печей исключает необходимость переноса нагретых деталей по проходам или проездам.

Детали, как подлежащие термической и химико–термической обработке, так и обработанные, а также вещества и материалы, применяемые в этих процессах, хранятся в отведенных для них складских помещениях или на специальных площадках участка в соответствии с правилами пожарной безопасности. Складирование деталей, в зависимости от вида и размеров, может производиться в технологической таре, на стеллажах, на поддонах, в штабелях так, чтобы обеспечивалась их устойчивость (крутизна штабеля должна соответствовать углу естественного откоса). При необходимости устанавливаются защитные решетки.

Оборудование и оградительные устройства на термическом участке окрашивается согласно "Указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий" и ГОСТ 12.4.026. Электроды и другие нагреваемые объекты окрашиваются теплоустойчивой краской светло серого цвета. Движущиеся части оборудования выделяются желто-черным цветом. Опасные в отношении травматизма части машин и агрегатов выделены красным цветом. Стены автоматизированного участка окрашены эмалью светло-зеленого цвета.

На пульте управления имеется световая сигнализация о подаче напряжения на нагревательные элементы, возникновении аварийной ситуации и о работе блокировочных устройств.

Для защиты работников от шума на оборудовании применяется звукоизоляция элементов и узлов с помощью шумопоглощающих устройств (кожухов, экранов и т.п.).

Работники, занятые в процессе термической обработки металлов, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими отраслевыми нормами. Рабочим и служащим бесплатно выдаются специальная одежда, обувь, рукавицы.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Электробезопасность. Все токоведущие части электропечей изолированы или ограждены. Оградительные устройства и другие металлические нетоковедущие части подвергаются защитному занулению. Согласно ПУЭ сопротивление заземления нейтрали в сетях 380/220 В должно быть не более 4 Ом. Присоединение металлических нетоковедущих частей оборудования к главной зануляющей шине распределительного устройства, осуществляется отдельно прокладываемым проводником. Защитный проводник имеет специальную окраску – желтые полосы на зеленом фоне. В местах где защитный проводник может подвергнуться воздействию высоких температур или механическим повреждениям его прокладка осуществляется в стальной трубе.

Сопротивление зануляющего контура в процессе эксплуатации автоматизированного агрегата может изменяться. Для контроля сопротивления устройства защитного зануления в соответствии с ПУЭ проводятся регулярные замеры сопротивления зануляющего контура.

Печи имеют автоматическую регулировку температуры. При повышении температуры выше установленной, включаются световые и звуковые сигналы. Ремонт и очистка автоматизированного термоагрегата осуществляется при полностью снятом напряжении, во избежание возникновения короткого замыкания и поражения электрическим током обслуживающего персонала.

Пожарная безопасность. Категория помещения участка соответствует категории (Г) - это производства, в которых обрабатываются негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла. Исходя из этих данных участок оснащен автоматической системой пожарной сигнализации, ручными и передвижными огнетушителями, а также пожарными щитами (ЩП-Е). Для данных условий необходимо применять порошковые, углекислотные, хладоновые огнетушители. Применение автоматических средств обнаружения пожаров является одним из основных условий обеспечения пожарной безопасности на участке так как позволяет оповестить дежурный персонал о пожаре и месте его возникновения. В качестве пожарных извещателей применены дымовые пожарные извещатели. Для безопасной эвакуации персонала при пожаре, предусмотрена система свето-звукового оповещения о пожаре, эвакуационное освещение и обозначение путей эвакуации.

5.2 Расчет защитного зануления

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Рассчитаем сопротивление нулевого проводника $R_{н.п.}$

Вычисляем номинальный ток $I_{ном}$ по формуле :

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{3U_{\phi}}, \quad (5.1)$$

где $P_{\text{НОМ}}$ - номинальная мощность трансформатора, Вт;
 U_{ϕ} - фазное напряжение, В.

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{350000}{3 \cdot 220} = 530 \text{ А.}$$

Выбираем предохранитель по номинальному току плавкой вставки.
 Тип предохранителя – ПН-2, $I_{\text{пл. вст.}} = 500 \text{ А}$.
 Определяем ожидаемый ток короткого замыкания:

$$I_{\text{к.з.}} \geq k \cdot I_{\text{пл.вст.}}, \quad (5.2)$$

где k - коэффициент кратности тока;
 $I_{\text{пл.вст.}}$ – номинальный ток плавкой вставки.

$$I_{\text{к.з.о}} \geq 3 \cdot 500 = 1500 \text{ А.}$$

Определяем по справочнику полное сопротивление трансформатора: $Z_{\text{T}} = 0.161 \text{ Ом}$.

Выбираем проводник, зануление и его длину: в качестве проводника используем стальную полосу длиной $L_{\text{п}} = 100 \text{ м}$ и сечением $S_{\text{п}} = 60 \times 5 \text{ мм}^2$;

В качестве фазного проводника используется силовой медный кабель марки КГ 3х95, с наружным диаметром 35,83 мм.

Находим активное сопротивление фазных проводников R_{ϕ} :

$$R_{\phi} = \frac{\rho \cdot L_{\text{п}}}{S}, \quad (5.3)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника, Ом·мм²/м.

$$R_{\phi} = \frac{0,018 \cdot 100}{95} = 0.019 \text{ Ом.}$$

Вычисляем плотность тока δ по формуле:

$$\delta = \frac{I_{\text{к.з.}}}{S_{\text{п}}}, \quad (5.4)$$

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$\delta = \frac{1500}{300} = 5 \text{ A/мм}^2.$$

По плотности тока пользуясь справочником находим активные и индуктивные сопротивления стальных проводников:

$$r_{\omega} = 0,67 \text{ Ом/км}, \quad x_{\omega} = 0,48 \text{ Ом/км}.$$

Находим значение активного сопротивления нулевого проводника $R_{н.п.}$:

$$R_{н.п.} = r_{\omega} \cdot L_{п}, \quad (5.5)$$

$$R_{н.п.} = 0,67 \cdot 0,1 = 0,067 \text{ Ом}.$$

Вычисляем значение индуктивного сопротивления нулевого проводника $X_{н.п.}$ аналогично вычислению $R_{н.п.}$:

$$X_{н.п.} = x_{\omega} \cdot L_{п}, \quad (5.6)$$

$$X_{н.п.} = 0,48 \cdot 0,1 = 0,048 \text{ Ом}.$$

Проверяем выполняется ли неравенство:

$$k \cdot I_{ном} \leq \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{т}}{3} + \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.п.})^2 + (X_{\phi} + X_{н.п.} + X_{п})^2}}, \quad (5.7)$$

где $R_{\phi} + R_{н.п.}$ - активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников соответственно, Ом;

$X_{\phi} + X_{н.п.}$ - внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников соответственно, Ом;

$X_{п}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза - нуль, Ом;

$Z_{т}$ - расчетное полное сопротивление масляного трансформатора, Ом.

Так как проводка выполнена медным кабелем, при малом расстоянии между проводниками индуктивными сопротивлениями пренебрегают из-за их малости.

$$1500 \text{ A} \leq \frac{220}{\frac{0,161}{3} + \sqrt{(0,019 + 0,067)^2 + 0}} = 1575 \text{ A}.$$

Т.к. найденный ток короткого замыкания больше ожидаемого, то при замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключится.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

5.3 Мероприятия по уменьшению последствий ураганов и бурь

Ураган – это атмосферный вихрь больших размеров со скоростью ветра до 120 км/ч, а в приземном слое – до 200 км/ч.

Буря – длительный, очень сильный ветер со скоростью более 20 м/с, наблюдается обычно при прохождении циклона и сопровождается сильным волнением на море и разрушениями на суше.

При урагане возникает ветер большой разрушительной силы и значительной продолжительности. Буря, помимо ураганного ветра сопровождается обильным выпадением осадков.

По наибольшей разовой величины экономического ущерба ураганы и бури входят в ведущую группу чрезвычайных ситуаций вместе с наводнениями, землетрясениями, засухами.

Опасность для людей при таких природных явлениях заключается в разрушении дорожных и мостовых покрытий, сооружений, воздушных линий электропередачи и связи, наземных трубопроводов, а также поражении людей обломками разрушенных сооружений, осколками стекол, летящими с большой скоростью. Кроме того, люди могут погибнуть и получить травмы в случае полного разрушения зданий. При снежных и пыльных бурях опасны снежные заносы и скопления пыли («черные бури») на полях, дорогах и населенных пунктах, а также загрязнение воды. Основными признаками возникновения ураганов, бурь и смерчей являются: усиление скорости ветра и резкое падение атмосферного давления; ливневые дожди и штормовой нагон воды; бурное выпадение снега и грунтовой пыли.

Для уменьшения последствий от урагана или бури необходимо заранее подготовиться к их возникновению и при этом быть ознакомленным:

- 1) с сигналами оповещения о приближающемся данном стихийном бедствии;
- 2) способами защиты людей и повышения устойчивости зданий (сооружений) к воздействию ураганного ветра и штормового нагона воды;
- 3) правилами поведения людей при наступлении ураганов, снежных и песчаных бурь, смерчей;
- 4) способами и средствами ликвидации последствий ураганов, смерчей, штормового нагона воды, снежных и песчаных бурь, а также приемами оказания помощи пострадавшим, оказавшимся в завалах разрушенных зданий и сооружений;
- 5) местами укрытия в ближайших подвалах, убежищах или наиболее прочных и устойчивых зданиях членов вашей семьи, родственников и соседей;
- 6) путями выхода и районами размещения при организованной эвакуации из зон повышенной опасности;
- 7) адресами и телефонами управления ГО и ЧС, администрации и комиссии по чрезвычайным ситуациям по месту жительства.

Для успешного проведения работ по уменьшению последствий ураганов и бурь, большое значение имеет хорошо налаженная служба наблюдения за ураганами и оповещения об ураганной опасности.

При получении предупреждения о приближении урагана или сильной бури необходимо приступить к укреплению зданий и сооружений, обращая особое

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

внимание на недостаточно прочные конструкции, трубы, крыши. В здании закрывают двери, окна, чердачные помещения, вентиляционные отверстия. В ряде случаев отключают коммунально-энергетические сети, проверяют системы водосток.

Из легких построек людей переводят в более прочные здания, иногда в убежища гражданской обороны. Наружные строительные и погрузочно-разгрузочные работы прекращают, а строительные краны разводят и крепят. Крупные суда, стоящие на рейде, выходят в открытое море, а небольшие заходят в протоки, либо в каналы и дополнительно крепятся. К местам возможных аварий подвозят строительные материалы, инструменты, механизмы. В районах, где могут быть наводнения, проводят мероприятия в целях ограничения распространения воды.

Проводятся мероприятия по созданию запасов питьевой воды, не скоропортящихся продуктов питания, средств медицинской помощи, аварийных источников электроснабжения. Приводятся в готовность средства передвижения.

С приближением урагана или сильной бури усиливают регулирование движения на автомагистралях, иногда движение транспорта прекращают полностью. Особо опасны участки ограждаются предупредительными знаками и возле них выстраиваются посты.

В районе урагана или бури проводят работы по предотвращению пожаров.

При угрозе возникновения снежной бури проводят, в основном те же мероприятия, что и при приближении урагана. Особое внимание обращаются на обеспечение бесперебойного движения транспорта по основным дорогам. В целях для борьбы с заносами организуют непрерывное патрулирование снегоочистительной техники.

Аналогичные работы проводятся при угрозе пылевой бури.

На всех объектах в зоне ураган приводятся в готовность необходимые силы (аварийные команды, формирование гражданской обороны).

Рекомендация по действиям населения в условиях угрозы и возникновения урагана или бури.

1) Население должно знать о том, находится ли населенный пункт в зоне возможного действия урагана, а также должно знать способы оповещения об угрозе приближения урагана или сильной бури.

2) После получения предупреждения о приближении урагана или бури (по радио, телевидению, по средствам связи и другими способами) необходимо принять меры, направленные на уменьшение возможных последствий урагана; защитить окна; убрать в помещение или закрыть все предметы, находящиеся во дворе; создать запасы инструмента и материалов для защиты строений от ветра и дождя; привести в состоянии готовности средства передвижения; из низинных участков перегнать на возвышенные домашний скот; обеспечить необходимые запасы питьевой воды, продуктового питания, медикаментов и пр.; позаботиться об аварийных источниках освещения, топлива, средствах приготовления пищи; подготовить средства пожаротушения и привести в готовности батарейные радиоприемники.

3) При возникновении урагана или сильной бури, находясь в здании, следует особенно остерегаться ранений оконного стекла. При сильных порывах ветра

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

необходимо отойти от оконных проемов и стать вплотную к простенке. В качестве защиты можно также использовать прочую мебель или внутренний дверной проем. Самым же безопасным местом во время урагана является подвальные помещения или внутренние помещения на первом этаже. Нельзя выводить на улицу сразу же после ослабления ветра, так как через несколько минут может возникнуть новое его порыв. В случае вынужденного пребывания под открытым небом надо держаться в отдалении от наземных зданий и сооружений, столбов, деревьев, мачт, опор, проводов. Недопустимо находиться на мостах, путепроводах, а также в непосредственной близости, от объектов, на территории которых имеются легковоспламеняющиеся или сильнодействующие ядовитые вещества. Следует помнить, что наиболее часто травмы наносятся поднятыми ветром в воздух осколки стекла, шифера, черепицы, кусками кровельного железа, досками и т. п. Если ураган застал под открытым небом, то лучше всего укрыться в любой ближайшей выемке, лечь в нее на дно и плотно прижаться к земле.

4) После урагана не рекомендуется заходить в поврежденные строения, так как они могут обрушиться. Особую опасность представляют порванные и не обесточенные электрические приводы.

5) Во время снежной или пыльной бури покидать помещение разрешается только в исключительных случаях, причем не в одиночку. Перед выходом из помещения во время снежной бури предварительно необходимо тепло одеться, сообщить остающимся о своем маршруте и времени возвращения.

6) При потере ориентации на местности во время передвижения на автомобиле или при поломке автомобиля, не следует отходить от него за пределы видимости.

Выводы по разделу пять

В данном разделе были рассмотрены вопросы по организации обеспечения безопасных условий труда на автоматизированном участке, был произведен расчет защитного зануления, необходимого для обеспечения защиты от поражения электрическим током, а так же разработаны мероприятия по уменьшению последствий бурь и ураганов.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была освещена тема: «Разработка автоматизированной системы управления агрегата для термической обработки». В результате проделанной работы было выбрано основное оборудование агрегата, разработана система управления автоматизированным агрегатом для термической обработки на базе программируемого логического контроллера «Камакон МК 8.32», также были выбраны бесконтактные датчики позиционирования более современными и отвечающие требованиям контроллера и агрессивной среды эксплуатации, разработано нестандартное устройство регулирования температуры в электропечах.

В экономической части работы произведен расчет эффективности внедрения автоматизированного агрегата.

С целью обеспечения безопасности персонала при работе на автоматизированном агрегате, был разработан комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условия труда.

Преимуществами данной системы управления по сравнению с предыдущей можно считать повышенное качество закалки деталей, а также гибкий алгоритм работы агрегата. Теперь возможно изменение технологического процесса путём изменения программы управления агрегатом.

Введение в эксплуатацию автоматизированного агрегата для термообработки позволит повысить качество термической обработки деталей, повысить производительность участка, а также максимально снизить воздействие вредных условий труда на рабочих. Программное управление позволяет повысить гибкость производства, теперь возможно изменение технологического процесса путём изменения программы управления агрегатом.

В перспективе можно решить вопрос с автоматизацией разгрузочно - погрузочной части агрегата.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Термическая обработка в машиностроении: справочник / под ред. Ю. М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. - М.: Машиностроение, 1980. - 783с.
- 2 http://www.formetspb.ru/ru/furnaces-pechi_1.html
- 3 <https://heattreatment.ru/modulnye-linii-codere-sa.html> - Модульные линии Codere SA.
- 4 <https://www.nakal.ru/news/zakalochno-otpusknoy-agregat-snza-6-12-5-7/> - закалочно-отпускной агрегат СНЗА 6.12.5/7.
- 5 <https://heattreatment.ru/category/oborudovanie-dlya-termoobrabotki> - Оборудование для термообработки.
- 6 <http://termokeramika.com/prohodnie-pechi> - Проходные туннельные печи.
- 7 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / под ред. А.С. Ключева. - М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
- 8 <http://www.platan.ru/shem/index.html> - Платан: электронные компоненты, радиодетали.
- 9 Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: монография / Н.Н. Иващенко. -М.: «Машиностроение», 1973.-606 с.
- 10 Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы/ под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Высш. шк., 1991. – 255с.
- 11 Ключев, А.С. Техника чтения схем автоматического регулирования и механического контроля: справочник / А.С. Ключев. - М.: Энергоиздат, 1983.- 376с.
- 12 Корышин, А.М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: учебник / А.М. Корышин. – М.: Энергоиздат, 1988.- 432 с.
- 13 Коровин, Б.Г. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами: учебник / Б.Г. Коровин. - Л.: Энергоатомиздат, 1990.-352 с.
- 14 Вальков, В.М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: учебник / В.М. Вальков, В.Е. Вершин.- Л.: Политехника, 1991.-269 с.
- 15 Емельянов, А.И. Практические расчёты в автоматике: учебник / А.И. Емельянов. - М.: Машиностроение 1967.-315с.
- 16 Организация производства и менеджмент: методические указания по выполнению курсовой работы / Е.А.Устюгова. – Усть-Катав: Изд. ЮУрГУ, 2006 – 14с.
- 17 Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта/ Н.С. Колпакова– Усть-Катав: Изд. ЮУрГУ, 2006 – 14с.

					15.03.05.2018.085.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75