

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 «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2017 г.

Автоматизация управления методической печью с шагающим подом

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ – 15.03.04.2017.12-329-1886.13 ПЗ (ВКР)

Консультант
к.т.н., доцент
Е.Ж. Васильев

2017 г.

Руководитель работы
к.т.н., доцент
Виктор Борисович Федоров

2017 г.

Нормоконтролер
Преподаватель
Е.А. Маклакова

2017 г.

Автор работы
студент группы П-455
Альберт Зинатович Хажин

2017 г.

Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Институт Политехнический институт
Факультет Механико-технологический
Кафедра Мехатроники и автоматизации
Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Профиль Без профиля

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ В.Р. Гасияров
подпись

«___» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА**

Студенту группы П-455

Хажину Альберту Зинатовичу
(Ф.И.О. полностью)

1 Тема работы

Автоматизация управления методической печью с шагающим подом

утверждена приказом по университету от 28.04.2017г. № 835 (приложение № 76)
(утверждена распоряжением по факультету от _____ 201_ г. № _____)

2 Срок сдачи студентом законченной работы _____

3 Исходные данные к работе материалы производственной практики

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Характеристика объекта автоматизации

1.2 Сравнение с аналогом

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

2.1 Разработка структурной схемы

2.2 Разработка структурно-функциональной схемы

2.3 Разработка схемы автоматизации

2.4 Разработка схемы соединений

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчет затрат на комплектующие системы

3.2 Расчет полной себестоимости проекта

3.3 Расчет экономического эффекта

3.4 Расчет срока окупаемости системы

3.5 Расчет коэффициента технического уровня

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5 Перечень графического и иллюстративного материала

– Объект автоматизации (А1)

– Схема структурная (А1)

– Схема структурно-функциональная (А1)

– Схема автоматизации (2 листа А1)

– Схема соединений (2 листа А1)

– Блок-схема алгоритма функционирования системы (А1)

– Показатели экономической эффективности (А1)

Всего 9 листов

Согласовано:

Консультант по экономике и
управлению производством:

подпись

Васильев Е.Ж.
Фамилия И.О.

Руководитель

подпись

доцент, к.т.н.
Должность, звание

Федоров В.Б.
Фамилия И.О.

Дата выдачи задания «_____» _____ 2017г.

Задание принял к исполнению студент

подпись

Хажин А.З.
Фамилия И.О.

АННОТАЦИЯ

Хажин А.З. Автоматизация управления методической печью с шагающим подом. – Челябинск: ЮУрГУ, П-455; 2017, 62 с., 26 ил., библиогр. список – 11 наим., 9 прил.

В выпускной квалификационной работе бакалавра изучена специфика управления методическими печами, а также способы и средства решения данной задачи. Разработана автоматизированная система управления методической печью с шагающим подом и проведен подбор необходимого оборудования для разработанной системы.

Проведен расчет себестоимости проекта, экономического эффекта и срока окупаемости.

					15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Автоматизация управления методической печью с шагающим подом. Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Хажин							
Провер.	Федоров						4	62
Реценз.						ЮУрГУ кафедра МиА		
Н. Контр.	Маклакова							
Утверд.	Гасияров							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	9
1.1 Характеристика объекта автоматизации	9
1.2 Сравнение с аналогом.....	12
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ.....	14
2.1 Разработка структурной схемы.....	16
2.2 Разработка структурно-функциональной схемы	16
2.3 Разработка схемы автоматизации.....	19
2.3.1 Описание оборудования, используемого в существующей системе ..	20
2.3.1.1 Датчик давления-разрежения Метран 45-ДИВ	20
2.3.1.2 Датчик давления Метран 150CG.....	21
2.3.1.3 Датчик-реле давления ДН-2,5	22
2.3.1.4 Датчик разности давления Метран 100-ДД.....	23
2.3.1.5 Датчики температуры.....	24
2.3.1.6 Механизм электрический однооборотный МЭО 250/63-0,25У-99К .	25
2.3.1.7 Блок ручного управления БРУ-42.....	27
2.3.1.8 Электромагнит МИС 6200	27
2.3.2 Выбор дополнительного оборудования для проектируемой системы.....	28
2.3.2.1 Выбор программируемого логического контроллера	28
2.3.2.2 Выбор дополнительных модулей ввода-вывода	32
2.3.2.3 Выбор панели оператора.....	33
2.3.2.4 Выбор измерительного преобразователя для термопар.....	35

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

2.3.2.5	Выбор датчиков положения исполнительных механизмов	36
2.3.2.6	Выбор датчиков наличия заготовок	37
2.3.2.7	Выбор реверсивного пускателя для МЭО.....	38
2.3.2.8	Выбор защитного автоматического выключателя	39
2.4	Разработка схемы соединений	40
2.4.1	Схема управления регулирующим клапаном	40
2.4.2	Схема управления электромагнитом клапана.....	41
2.4.3	Схема соединения модулей ввода-вывода с ПЛК.....	42
2.4.4	Описание интерфейса RS-485.....	44
2.4.5	Описание протокола обмена данными MODBUS ASCII.....	45
2.5	Регулирование технологических параметров системы.....	46
2.5.1	Регулирование температуры в рабочем пространстве печи.....	46
2.5.2	Регулирование температуры рекуператора.....	49
2.5.3	Регулирование давления в пространстве печи.....	50
3	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	51
3.1	Расчет затрат на комплектующие системы	51
3.2	Расчет полной себестоимости проекта	53
3.3	Расчет экономического эффекта.....	54
3.4	Расчет срока окупаемости системы	57
3.5	Расчет коэффициента технического уровня.....	58
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе проектируется автоматизированная система управления методической печью с шагающим подом. Методические печи (далее МП) предназначены для нагрева заготовок (металлических прутков, балок) перед их последующей прокаткой.

Основной проблемой методических нагревательных печей является недостаточно точное регулирование температур по зонам печи, приводящее к большим перепадам температур по сечению заготовки, а также к перегреву (или недогреву) заготовок. В результате низкокачественного нагрева повышается процент бракованных изделий, страдает качество выпускаемой продукции.

Помимо этого, процессы пуска и останова работы методических нагревательных печей связаны с внушительными временными затратами, поэтому возникает необходимость обеспечения более надежного функционирования печи путем повышения уровня используемых технических средств автоматизации.

Разработанная автоматизированная система управления методической печью с шагающим подом (далее АСУ МП) обеспечивает надежное функционирование печи с высокими показателями качества нагрева заготовок.

АСУ МП позволит достичь следующих целей:

- обеспечение нагрева заготовок с требуемыми показателями качества;
- обеспечение более безопасной работы МП (по сравнению с системой управления, использующейся в настоящее время), повышение экономической эффективности работы методической печи путём снижения затрат на эксплуатацию и ремонты;
- повышение технического уровня ведения технологического процесса (далее ТП) нагрева заготовок;
- обеспечение эффективного управления технологическими процессами во всех режимах работы МП;

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- обеспечение своевременной передачи оператору актуальной информации о контролируемых параметрах ТП и о состоянии оборудования.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Характеристика объекта автоматизации

Методическая печь с шагающим подом входит в состав мелкосортного прокатного стана «МС-250» и служит для массового нагрева однотипных заготовок перед их последующей прокаткой. Перемещение заготовок по рабочему пространству печи происходит с помощью механизма «шагания», обеспечивающего цикличное поступательно-возвратное движение шагающих балок, из которых состоит подина. Подина разделена на две группы по три подвижные балки. Группы балок перемещают заготовки по рабочему пространству печи поочередно.

Механизмы перемещения балок состоят из эксцентриковых дисков и гидроцилиндров. Принцип работы механизмов «шагания» следующий: в гидроцилиндры нагнетается рабочая жидкость (техническое масло), из-за возникшего давления штоки гидроцилиндров выталкиваются, вращая эксцентриковые диски. Один оборот эксцентриковых дисков обеспечивает перемещение балок, соответствующее одному «шагу» (с их возвратом в исходное положение).

Рабочее пространство печи разделено на сварочную и томильную зоны. В сварочной зоне производится быстрый нагрев заготовок до необходимой температуры, а в томильной заготовки выдерживаются для выравнивания температур по сечению заготовки. Нагрев заготовок происходит за счет сжигания горючей смеси, состоящей из коксодоменного газа (далее – смешанного) и подогретого воздуха. Воздух подогревается рекуператором печи до 350...450°С, после чего нагнетается в горелки. Смешанный газ подается в горелки холодным. Соотношение объема подаваемого к горелкам коксодоменного газа к объему воздуха регулируется в зависимости от марки стали, из которой изготовлены заготовки, и от температурного режима печи.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

В верхних частях обеих зон печи установлено по 11 горелок. Горелки располагаются в ряд против направления перемещения заготовок.

Алгоритм работы печи следующий: после прогрева печи заготовки подаются рольгангом загрузки к торцу печи и заталкиваются на подину с помощью толкательного механизма. Далее заготовки перемещаются по печи с помощью шагающих балок (попадание холодного воздуха в рабочее пространство печи через зазоры между балками исключено за счёт использования водяного затвора). Заготовки последовательно проходят через обе зоны нагрева печи: сварочную и томильную. В сварочной зоне происходит нагрев до 900...1100°С; в томильной зоне заготовки выдерживаются при температуре 1200...1300°С. После окончания процесса нагрева каждая заготовка при очередном цикле перемещения балок попадает на склиз (лекальная наклонная плоскость) и через торец выдачи попадает на рольганг выгрузки прокатного стана.

Технические характеристики печи представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики методической печи

Наименование	Единица измерения	Величина
Назначение печи		Нагрев заготовок перед прокаткой
Характер работы		Непрерывный
Вид металла		Углеродистые, качественные и низколегированные стали по ГОСТ 231-16, 1457-60, 502-11, 5781-61
Размеры и вес заготовок (сечение, длина, вес)	мм×мм	100×100
	м	10 ... 12
	кг	До 600
Размеры габаритного пода печи (ширина, длина, площадь)	м	12,61
	м	22,6
	м ²	285

Продолжение таблицы 1.1

Наименование	Единица измерения	Величина
Производительность печи при закладке заготовок (с шагом 200 и 250 мм)	т/час	110
	т/час	90
Максимальный цикл выдачи заготовок	сек	20
Температура нагрева металла (в сварочной и томильной зоне)	°С	До 1100
	°С	До 1300
Температура печи при максимальной производительности	°С	900 ... 1000
Поверхность нагрева со стороны дыма	°С	1020
Температура подогрева воздуха	°С	350...450
Температура подогрева газа	°С	Холодный
Температура продуктов горения за воздушным рекуператором	°С	До 550
Отвод продуктов горения		Непосредственно в дымовую трубу
Количество продуктов горения перед дымовым клапаном	$\times 10^3 \text{ м}^3/\text{час}$	До 110
Разрежение у дымового клапана	мм.вод.ст.	15
Система охлаждения		Водяная
Диаметр газового сопла (в сварочной и томильной зоне)	мм	130
	мм	90
Диаметр воздушного сопла (в сварочной и томильной зоне)	мм	375
	мм	260
Давление перед горелкой (воздуха, газа)	мм.вод.ст	85
	мм.вод.ст	190

Продолжение таблицы 1.1

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Наименование	Единица измерения	Величина
Максимальная производительность горелки по газу (в сварочной и томильной зоне)	м ³ /час	2170
	м ³ /час	1090
Максимальная производительность горелки по воздуху (в сварочной и томильной зоне)	м ³ /час	5150
	м ³ /час	2710

Общий вид методической печи с шагающим подом представлен на плакате «15.03.04.2017.886.01.13 ТЧ».

1.2 Сравнение с аналогом

Для сравнения взята аналогичная система управления методической печью с шагающими балками, находящейся на другом металлургическом комбинате.

В качестве объекта автоматизации также выступает методическая печь с шагающими балками.

Печь также разделена две зоны нагрева – сварочную и томильную, подина печи состоит из трех подвижных балок и трех неподвижных. Размеры рабочей площади пода – 10,6×5,8м. Максимальная производительность печи (при закладке заготовок с шагом 200мм) составляет 90 т/ч. В печи установлено по 8 одинаковых горелок в каждой зоне. Максимальная производительность горелок сравниваемой печи по газу – 2210 м³/ч, по воздуху – 5630 м³/ч.

В сравниваемой АСУ использованы два управляющих контроллера МС8.1, фирмы «КОНТАР». Вероятность отказа нескольких устройств выше вероятности отказа одного устройства, выполняющего те же функции, поэтому, в сравнении с настоящей системой, отказоустойчивость сравниваемой системы несколько снижена.

					ИОУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Между используемыми контроллерами отсутствует какая-либо связь, что делает затруднительным оценку состояния ТП в целом, и, как следствие, принятие своевременных и верных управляющих воздействий на протекание ТП, кроме того, контроллеры МС8.1 и МС8.2 в настоящее время сняты с производства.

Выходные сигналы управляющих контроллеров подаются на щит КИПиА, после чего сигналы поступают к различным световым индикаторам и показывающим приборам. Панель оператора отсутствует, соответственно регистрация значений параметров ТП и формирование сообщений ТП невозможны.

В сравниваемой системе выход из строя устройств управления оператора (кнопок и переключателей) приведет к невозможности управления печью в наладочном режиме, в то время как в настоящей системе управление печью может осуществляться как с персонального компьютера (с установленной на него SCADA-системой), так и с панели оператора.

На основании проведённого анализа можно сказать, что в настоящей АСУ МП применены более современные технические решения, она является более надёжной и экономически эффективной, хотя и более дорогой по стоимости средств автоматизации.

Однако разница в стоимости окупается сравнительно быстро за счёт более высокой надёжности системы АСУ МП, прогнозируемого меньшего количества отказов, увеличения межремонтных сроков технологического оборудования.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Для управления ТП нагрева заготовок перед прокаткой необходим контроль следующих технологических параметров:

- температура в пространстве сварочной зоны;
- температура в пространстве томильной зоны;
- температура воздуха, подаваемого в горелки;
- температура продуктов горения (после дымоотбора);
- температура воздуха до прохождения через рекуператор;
- температура воздуха после прохождения через рекуператор;
- температура рекуператора;
- давление смешанного газа до распределения по зонам печи;
- давление подогретого воздуха до распределения по зонам печи;
- давление смешанного газа перед горелками каждой из зон;
- давление подогретого воздуха перед горелками каждой из зон;
- давление в рабочем пространстве печи (под сводом томильной зоны);
- давление воды в глиссажных (водоохлаждаемых трубах);
- расход смешанного газа (по зонам печи);
- расход подогретого воздуха (по зонам печи);
- разрежение продуктов сгорания до рекуператора;
- разрежение продуктов сгорания после рекуператора;
- соотношение объема смешанного газа к объему подогретого воздуха

(по зонам печи).

Контроль перечисленных технологических параметров осуществляется с помощью датчиков.

Регулирование параметров осуществляется с помощью исполнительных механизмов: клапанов с электромеханическим/электромагнитным управлением.

В АСУ МП ПЛК предназначен для осуществления следующих функций:

- обработка информации, поступающей с блока датчиков;

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

- регистрация и стабилизация технологических параметров;
- подготовка и выдача информации на систему верхнего уровня и на панель оператора;
- получение заданий от оператора, как через систему верхнего уровня, так и через панель управления оператора;
- управление исполнительными механизмами;
- включения аварийной сигнализации.

Система предусматривает следующие режимы управления исполнительными механизмами:

- автоматический режим, при котором контроль технологических параметров осуществляется посредством программируемого логического контроллера (далее ПЛК); задание значений уставок технологических параметров осуществляется оператором через панель оператора, управление исполнительными механизмами (далее ИМ) производится ПЛК автоматически;
- наладочный режим, при котором контроль параметров технологического процесса осуществляется через панель оператора, управление ИМ осуществляется оператором с помощью блоков ручного управления и кнопочных переключателей (к наладочному режиму переходят при неисправности автоматизированной системы).

АСУ МП разработана как одноуровневая система управления нижнего уровня с возможностью обмена данными с подсистемой верхнего уровня АСУ ТП.

АСУ МП предназначена для:

- автоматического контроля и регулирования параметров ТП нагрева заготовок;
- автоматического управления исполнительными механизмами;
- автоматического срабатывания отсечки газа при падении давления газа и (или) воздуха;
- автоматического включения аварийной световой и звуковой

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

сигнализации.

При отказе вычислительного комплекса основные технологические параметры, необходимые для протекания технологического процесса, отображаются на показывающих приборах центрального щита КИПиА.

2.1 Разработка структурной схемы

Структурная схема автоматизированной системы управления методической печью с шагающим подом, представленная на плакате «15.03.04.2017.886.02.13 Э1» подразделяется на блок ПЛК, блок датчиков, блоки исполнительных механизмов, блок сигнализации, и панель оператора, которые имеют свои функции и задачи. Сигналы поступают от блока датчиков к ПЛК, от ПЛК (через коммутационную аппаратуру) – к исполнительным механизмам. Также сигналы от ПЛК поступают к блоку сигнализации и к панели оператора. ПЛК и панель оператора имеют возможность обмена сигналами. По представленным блокам составлена структурно-функциональная схема.

2.2 Разработка структурно-функциональной схемы

Структурно-функциональная схема является одним из основных технических документов, определяющих функциональную и блочную структуру АСУ, а также отражающих оснастку объекта приборами и средствами автоматизации.

На структурно-функциональной схеме в форме условных изображений представлены исполнительные устройства, коммутационная аппаратура, управляющее устройство, датчики (с указанием типа сигнала и размерностью измеряемых величин), а также панель оператора и элементы сигнализации. Показаны пояснения к условным обозначениям и сокращениям наименований элементов схемы.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Разработку структурно-функциональной схемы необходимо начать с описания измеряемых параметров ТП, а также способов их измерения и регулирования.

Прежде всего, проводят разогрев печи. Графики ведения теплового режима при разогреве печи различны, так как зависят от множества факторов, таких как время остановки работы печи (без отопления), температура печи к моменту запуска и т.д. Данные условия необходимо учитывать, поэтому разогрев печи в автоматическом режиме производится в соответствии с индивидуальной управляющей программой (для разогрева печи).

Смешанный газ и холодный воздух непрерывно поступают к печи по трубопроводам. Перед подачей на горелки воздух подогревается рекуператором (с помощью отходящих от печи продуктов сгорания). В разрабатываемой системе предусмотрена защита рекуператора от перегрева. Температура рекуператора измеряется с помощью термопары, при превышении максимально допустимой температуры происходит сброс подогретого воздуха через запорный клапан.

До и после прохождения через рекуператор температура воздуха измеряется термопарами. Смешанный газ поступает к печи холодным, поэтому его температура не регистрируется. Давление смешанного газа и подогретого воздуха измеряется датчиками давления.

Воздух и смешанный газ поступают к горелкам каждой из зон нагрева печи. Под сводом каждой из зон печи установлены по три термопары. Температура в печи (по зонам) регулируется путем изменения соотношения расхода поступающего к горелкам смешанного газа к расходу подогретого воздуха. Перед прохождением через горелки измеряется расход воздуха и смешанного газа (по отдельности) в каждой зоне. Кроме того, в целях безопасности в газо- и воздухопроводах обеих зон установлены датчики-реле напора, срабатывающие при падении давления газа или подогретого воздуха. При срабатывании датчика-реле давления затворные клапаны перекрывают доступ смешанного газа к горелкам обеих зон. Регулирование объема подаваемого к

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

горелкам смешанного газа к объему подогретого воздуха (по зонам печи) происходит с помощью запорно-регулирующих клапанов.

Управление механизмами перемещения шагающих балок происходит с помощью клапанов, изменяющих направление протекания рабочей жидкости, нагнетаемой в гидроцилиндры. Жидкость в цилиндры накачивается с помощью насосов гидросистемы. В качестве рабочей жидкости используется техническая масляная эмульсия. Для контроля положения шагающих балок в системе используются оптические датчики положения.

Открытие/закрытие заслонок окон загрузки и выдачи, перемещение толкательного механизма также осуществляется с помощью жидкости, нагнетаемой в гидроцилиндры, контроль положения осуществляется с помощью оптических датчиков положения.

Давление в пространстве печи измеряется под сводом томильной зоны при помощи датчика давления. Регулирование давления происходит посредством запорно-регулирующего клапана, установленного после рекуператора.

Давление (разрежение) отходящих от печи газов измеряется как до рекуператора, так и после него. Измерение осуществляется с помощью датчиков давления (разрежения).

В таблице 2.1 представлен список измеряемых параметров и их предельно допустимые значения.

Таблица 2.1 – Изменяемые параметры ТП и их предельные значения

Изменяемый параметр	Единица измерения	Предельно допустимое значение
Температура в сварочной зоне	°С	1100
Температура в томильной зоне	°С	1300
Температура рекуператора	°С	550

Продолжение таблицы 2.1

Расход смешанного газа на сварочную зону	м ³ /ч	900
Расход смешанного газа на томильную зону	м ³ /ч	950
Расход подогретого воздуха на сварочную зону	м ³ /ч	2200
Расход подогретого воздуха на томильную зону	м ³ /ч	2330
Давление подогретого воздуха перед горелками	кгс/м ²	600
Давление смешанного газа перед горелками	кгс/м ²	500

При превышении допустимых значений параметров, перечисленных выше, срабатывает система оповещения персонала.

Структурно-функциональная схема АСУ МП представлена на плакате «15.03.04.2017.886.03.13 Э2».

2.3 Разработка схемы автоматизации

Схема автоматизации является одним из основных документов проекта, отражающих структуру и объем автоматизации объекта и его отдельных компонентов.

На данной схеме схематично с помощью условных обозначений изображено: технологическое оборудование, элементы коммутации, органы управления и средства автоматизации (с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики). На функциональной схеме автоматизации изображена аппаратура всех систем контроля,

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

регулирования, управления и сигнализации, относящаяся к данной методической печи.

На основании схемы автоматизации выполняют остальные чертежи проекта, и составляется спецификация приборов и средств автоматизации. Схема автоматизации представлена на плакате «15.03.04.2017.886.04.13 С2».

2.3.1 Описание оборудования, используемого в существующей системе

В данном пункте описывается оборудование, используемое в системе управления, функционирующей в данный момент. Описанное оборудование соответствует требованиям разрабатываемой системы и входит в состав разрабатываемой системы.

2.3.1.1 Датчик давления-разрежения Метран 45-ДИВ

В АСУ МП используются три датчика Метран 45-ДИВ (рис. 2.1). Данные датчики предназначены для измерения разрежения продуктов сгорания до и после рекуператора, а также для измерения давления в рабочем пространстве печи. Датчики имеют дисплей, на котором отображается значение технологического параметра; подключаются напрямую к аналоговым входам ПЛК.

Технические характеристики данных датчиков представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики датчика давления Метран 45-ДИВ

Выходной сигнал	4...20 мА
Пределы измерения	±0,03...8 кПа
Погрешность измерения	±0,25, 0,5, 1%
Питание	18...42 В
Условия эксплуатации	+5...+50°С



Рисунок 2.1 – Датчик давления Метран 45-ДИВ

2.3.1.2 Датчик давления Метран 150CG

В АСУ МП используются три датчика Метран 150CG (рис. 2.2). Данные датчики предназначены для измерения давления смешанного газа и подогретого воздуха (до поступления на горелки каждой из зон), а также для измерения давления в системе охлаждения. Датчики имеют дисплей, на котором отображается значение технологического параметра; подключаются напрямую к аналоговым входам ПЛК.

Технические характеристики данных датчиков представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики датчиков давления Метран 150CG

Выходной сигнал	4...20 мА
Пределы измерения	0,25...6,3 кПа
Погрешность измерения	0,5%
Питание	18...42 В
Условия эксплуатации	+5...+60°С



Рисунок 2.2 – Датчик давления Метран 150CG

2.3.1.3 Датчик-реле давления ДН-2,5

В АСУ МП используются четыре датчика-реле напора ДН-2,5 (рис. 2.3). Данные датчики-реле используются в целях безопасности и установлены в трубопроводах смешанного газа и подогретого воздуха (каждой из зон печи). Датчики срабатывают при падении давления смешанного газа или подогретого воздуха в томильной и (или) сварочной зонах печи. После срабатывания данных датчиков включается запорный клапан, перекрывающий подачу смешанного газа к горелкам (во избежание аварийной ситуации). Датчики подключаются к дискретным входам ПЛК и, при срабатывании, формируют сигнал 24 В.

Технические характеристики данных датчиков представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Технические характеристики датчиков-реле напора ДН-2,5

Пределы уставок	0,04...2,5 кПа
Погрешность измерения	1%
Питание	24 В
Условия эксплуатации	-30...+50°С



Рисунок 2.3 – Датчик-реле напора ДН-2,5

2.3.1.4 Датчик разности давления Метран 100-ДД

В АСУ МП используются четыре датчика разности давления Метран 100-ДД (рис. 2.4). Данные датчики предназначены для измерения разности давления смешанного газа и нагретого воздуха (по зонам печи). Совместно с датчиком используется бескамерная диафрагма ДБС (рис. 2.5), предназначенная для создания перепадов давления. По полученным с датчика значениям технологического параметра ПЛК вычисляет расход смешанного газа и подогретого воздуха.

Технические характеристики данных датчиков представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Технические характеристики датчиков разности давления Метран 100-ДД

Выходной сигнал	4...20 мА
Пределы измерения	0,25...6,3 кПа
Погрешность измерения	0,5%
Питание	18...42 В
Условия эксплуатации	-30...+70 °С



Рисунок 2.4 – Датчик разности давления Метран 100-ДД



Рисунок 2.5 – Диафрагма бескамерная ДБС

2.3.1.5 Датчики температуры

В АСУ МП в качестве датчиков температуры используются термоэлектрические преобразователи (термопары) двух видов: платинородий-платиновые (диапазон измерений – до 1300°С, кратковременно – до 1600°С), и хромель-алюмелевые (диапазон измерений – до 1100°С, кратковременно – до 1300°С). Внешний вид платинородий-платиновой термопары изображен на рисунке 2.6, хромель-алюмелевой – на рисунке 2.7.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)

Лист

24

Термопарами гр. ПП измеряется температура рабочего пространства печи, термопарами гр.ХА – температура подогретого воздуха (до рекуператора и после него), температура отходящих от печи газов, а также температура рекуператора.

Термопары используются совместно с модульным измерительным преобразователем ИПМ0399, описанным в п. 2.3.2.4.



Рисунок 2.6 – Внешний вид платинородий-платиновой термопары



Рисунок 2.7 – Внешний вид хромель-алюмелевой термопары

2.3.1.6 Механизм электрический однооборотный МЭО 250/63-0,25У-99К

Механизм электрический однооборотный МЭО 250/63-0,25У-99К (рис. 2.8) используется для управления регулирующими клапанами. Механизмы МЭО устанавливаются вблизи регулирующих устройств и связываются с ними посредством тяг и рычагов.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

МЭО 250/63-0,25У-99К включает в себя блок сигнализации положения БСПТ-10АМ с выходным аналоговым сигналом 4-20мА, который в свою очередь включает в себя четыре концевых выключателя, которые в системе управления используются для идентификации положения выходного вала МЭО.

Совместно с МЭО используется пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А, описанный в п. 2.3.2.7.

Характеристики МЭО 250/63-0,25У-99К представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Технические характеристики МЭО 250/63-0,25У-99К

Номинальный крутящий момент на выходном валу	250 Нм
Напряжение питания	380 В
Частота напряжения питания	50 Гц
Блок сигнализации положения	Токовый, 4-20 мА
Максимальная частота включений	До 1200 в час

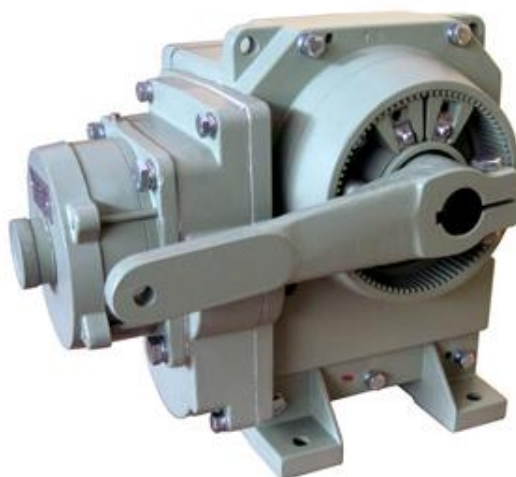


Рисунок 2.8 – МЭО 250/63-0,25У-99К

2.3.1.7 Блок ручного управления БРУ-42

Блок ручного управления БРУ-42 (рис. 2.9) используется для переключения режимов управления регулирующим клапаном (Автоматический/Ручной), а также для управления механизмами исполнительными однооборотными по месту.

В ПЛК поступают сигналы от концевых выключателей, от БРУ-42 и от блока сигнализации положения БСПТ-10.

Технические характеристики БРУ-42 представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Технические характеристики БРУ-42

Напряжение питания	24 В
Частота напряжения питания	50 Гц
Выходной сигнал	Токовый, 4-20 мА



Рисунок 2.9 – Блок ручного управления БРУ-42

2.3.1.8 Электромагнит МИС 6200

Данные электромагниты (рис. 2.10) используются для управления запорными клапанами смешанного газа обеих зон, клапаном сброса

подогретого воздуха, а также 4/3-ходовыми клапанами передвижения шагающих балок.

Технические характеристики электромагнита представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Технические характеристики электромагнита МИС 6200

Напряжение питания	220 В (переменного однофазного тока)
Частота напряжения питания	50 Гц
Пусковой ток	8,5 А
Рабочий ток	0,4 А
Мощность	45 Вт
Ход якоря	30 мм
Тяговое усилие	85 Н



Рисунок 2.10 – Электромагнит МИС 6200

2.3.2 Выбор дополнительного оборудования для проектируемой системы

2.3.2.1 Выбор программируемого логического контроллера

Центральным устройством системы АСУ МП является программируемый логический контроллер ПЛК160.24.А-L производства фирмы «ОВЕН».

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Данный ПЛК был выбран исходя из задания на проектирование.

ПЛК160.24.A-L обладает техническими характеристиками, которых достаточно для управления разрабатываемой системой, но так как входов и выходов ПЛК меньше, чем требуется для подключения всех датчиков и исполнительных устройств, то будут использоваться дополнительные модули ввода-вывода.

ПЛК будет осуществлять связь:

- с панелью оператора (через интерфейс RS-232, по протоколу Modbus);
- с дополнительными модулями ввода-вывода (через интерфейс RS-485, по протоколу Modbus);
- с верхним уровнем АСУ ТП (по сети Ethernet).

Питание ПЛК, а также блоков питания датчиков, осуществляется от источников бесперебойного питания расположенных в шкафу ПЛК в операторской.

ПЛК160 – семейство контроллеров средней производительности фирмы «ОВЕН». Контроллеры данной линейки предназначены для создания систем автоматизированного управления в различных отраслях промышленности.

ПЛК160.24.A-L – программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Основные технические характеристики контроллера представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Технические характеристики ПЛК160.24.A-L

Питание	
Напряжение питания	от 22 до 28 В постоянного тока (номинальное – 24В)
Потребляемая мощность, не более	40 Вт
Параметры встроенного источника	выходное напряжение 24±3 В

Продолжение таблицы 2.9

Цифровые (дискретные) входы	
Количество входов	16
Максимальный входной ток	не более 7 мА при питании 24В, не более 8,5 В при питании 27 В
Сигнал «логической единицы», соответствующий состоянию «Включено»	от 15 до 30 В (ток до 15 мА)
Сигнал «логического нуля», соответствующий состоянию «Выключено»	от минус 3 до 5 В (ток до 15 мА)
Дискретные выходы (контакты электромагнитных реле)	
Количество релейных выходных каналов	12
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле, не более	3 А (для переменного напряжения не более 250 В, частотой 50 Гц; для постоянного напряжения до 30 В)
Аналоговые входы	
Количество аналоговых входов	8
Тип поддерживаемых унифицированных токовых сигналов	Ток от 0 (4) до 20 мА, ток от 0 до 5 мА
Аналоговые выходы	
Количество аналоговых выходов	4
Тип выходного сигнала	Универсальный ток от 4 до 20 мА, напряжение от 0 до 10 В
Интерфейсы связи	
RS-485	1
Ethernet 100 Base-T	1

Продолжение таблицы 2.9

RS-232	2
USB-Device	1

Отличительные особенности ПЛК160.24.А-L:

- мощные вычислительные ресурсы и большой объем памяти;
- поддержка протоколов обмена Modbus (RTU, ASCII), OВЕН, DCON;
- контроллер имеет встроенные часы, что позволяет создавать системы управления с учетом реального времени;
- встроенный аккумулятор, позволяющий организовать ряд дополнительных сервисных функций: возможность кратковременного пережидания пропадания питания, перевод выходных элементов в безопасное состояние.

Внешний вид ПЛК160.24.А-L изображен на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Внешний вид программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК160.24.А-L

2.3.2.2 Выбор дополнительных модулей ввода-вывода

Дополнительные модули ввода-вывода используются в связи с недостаточным количеством входов и выходов на борту ПЛК.

Для подключения датчиков системы используются:

- три модуля аналогового ввода MB110-8A, имеющих 8 аналоговых входов (подключение через интерфейс RS-485, по протоколу Modbus), внешний вид модулей изображен на рисунке 2.12;

- два модуля дискретного вывода МУ110-8Р, имеющих 8 дискретных выходов (подключение через интерфейс RS-485, по протоколу Modbus), внешний вид модулей изображен на рисунке 2.13.

- два модуля дискретного ввода MB110-16Д, имеющих 8 дискретных входов (подключение через интерфейс RS-485, по протоколу Modbus), внешний вид модулей изображен на рисунке 2.14.



Рисунок 2.12 – Внешний вид модуля аналогового ввода ОВЕН MB110-8А



Рисунок 2.13 – Внешний вид модуля дискретного вывода ОВЕН МУ110-8Р



Рисунок 2.14 – Внешний вид модуля дискретного ввода ОВЕН МВ110-16Д

2.3.2.3 Выбор панели оператора

Панель оператора (операторская панель) — специализированное устройство, широко использующее человеко-машинный интерфейс для предоставления операторам возможности управления отдельными

автоматизированными устройствами или целыми технологическими процессами в составе АСУ ТП в рамках промышленной автоматизации.

В системах автоматизации панель оператора работает во взаимодействии с ПЛК, которое осуществляется через промышленную информационную сеть.

Операторская панель служит для запуска и останова исполнительными механизмами агрегатов оборудования, выбора режимов работы, введения новых технологических параметров, наблюдения за ходом процесса, отображения сообщений о неполадках и авариях, архивации и протоколирования данных технологического процесса.

В случае вмешательства оператора, все манипуляции должны выполняться им с помощью запрограммированной должным образом панели оператора. В данной системе используется панель оператора ОВЕН СП310-Р. Данная панель оператора была выбрана с учетом требований, описанных в задании на проектирование.

Многофункциональные панели ОВЕН СП310-Р (рис. 2.15) являются платформой для построения систем человеко-машинного интерфейса и удачно сочетают в себе лучшие черты панелей операторов, промышленных компьютеров и программируемых контроллеров. Корпус панелей оператора СП310-Р с лицевой стороны защищен от пыли и влаги. Глянцевая поверхность лицевой стороны легко очищается. Помимо прочего, данные панели оператора обладают высокой электромагнитной совместимостью и длительным сроком службы.

Технические характеристики панели оператора представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Технические характеристики панели оператора СП310-Р

Процессор	
Модель	AT91SAM9G35-CU
Частота, МГц	400

Продолжение таблицы 2.10

Человеко-машинный интерфейс	
Разрешение дисплея, пиксел	800×480
Тип дисплея, диагональ (в дюймах)	16,7 млн цветов, TFT, 10,1
Часы реального времени	есть
Память	
Память программ (Flash-RAM), Мб	128
Питание	
Тип питающего напряжение	постоянное
Номинальное напряжение питания, В	24

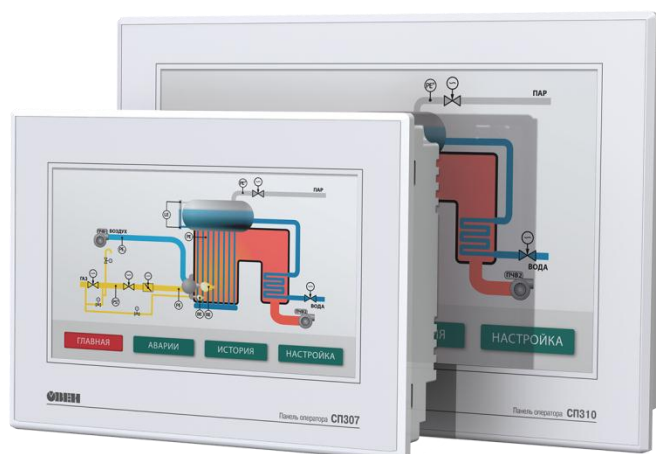


Рисунок 2.15 – Панели оператора ОВЕН серии СП3ХХ

2.3.2.4 Выбор измерительного преобразователя для термопар

В АСУ МП использованы модульные измерительные преобразователи ИПМ 0399 (рис. 2.16), предназначенные для преобразования сигналов от датчиков температуры (термопар) и преобразователей с унифицированным выходным сигналом в токовые сигналы 0...5 или 4...20 мА. ИПМ 0399 используются в

системах управления технологическими процессами в энергетике, нефтехимии и других отраслях промышленности.

Технические характеристики ИПМ 0399 представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Технические характеристики измерительного преобразователя ИПМ 0399

Количество входных каналов	1 (универсальный)
Количество выходных каналов	1 (0...5 или 4...20 мА)
Напряжение питания	15...39 В



Рисунок 2.16 – Внешний вид измерительного преобразователя ИПМ 0399

2.3.2.5 Выбор датчиков положения исполнительных механизмов

Для контроля положения исполнительных механизмов были выбраны оптические датчики с диффузным отражением от объекта S300-PA фирмы «DATASENSOR» (рис. 2.17). Выбор данных датчиков обоснован необходимостью использования бесконтактных датчиков из-за высоких температур внешнего пространства печи, к тому же, технические требования выбранных датчиков соответствуют предъявляемым требованиям.

В таблице 2.12 представлены основные характеристики датчиков S300-PA.

Таблица 2.12 – Технические характеристики датчиков положения DATASENSOR S300-PA

Тип	бесконтактный датчик положения
Принцип действия	оптический, диффузионное отражение от объекта
Расстояние срабатывания	до 2000 мм
Температура эксплуатации	-20...55°C
Питание	24 В

Данные датчики устанавливаются вне рабочего пространства печи и подключаются к дискретным входам ПЛК.



Рисунок 2.17 – Внешний вид датчика положения DATASENSOR S300-PA

2.3.2.6 Выбор датчиков наличия заготовок

Для контроля наличия заготовки у торца загрузки подойдет датчик, описанный в п. 2.3.2.5, так как заготовки подаются в печь холодными.

Для контроля наличия заготовки на рольганге выдачи необходим датчик, способный функционировать при высоких температурах, так как датчик будет находиться вблизи заготовок, нагретых до температуры свыше 1000°С.

В связи с данным требованием был выбран датчик-детектор горячего металла IRIS111-30-09 фирмы «DELTA SENSOR» (рис. 2.18). Технические характеристики датчика представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Технические характеристики датчика IRIS111-30-09

Детектируемый температурный диапазон	от 550°С
Расстояние срабатывания	до 250 мм
Питание	24 В
Рабочая температура	до 950°С



Рисунок 2.18 – Внешний вид датчика IRIS111-30-09

2.3.2.7 Выбор реверсивного пускателя для МЭО

Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А (рис. 2.19) используется для управления механизмами МЭО с трёхфазными асинхронными (синхронными) двигателями. ПБР-3А обеспечивает пуск и реверс трёхфазного электродвигателя.

Напряжение пускателя – 380 В (трехфазная сеть переменного тока) с частотой 50 Гц, максимальный коммутируемый ток – 3 А. Данный пускатель допускает коммутацию тока 4 А по каждой фазе трехфазного переменного напряжения.



Рисунок 2.19 – Внешний вид ПБР-3А

2.3.2.8 Выбор защитного автоматического выключателя

В разрабатываемой системе используется автоматический выключатель АК50Б-3М (рис. 2.20), предназначенный для защиты МЭО от коротких замыканий и перегрузок. Число полюсов АК50Б-3М – 3, ток отсечки – 5 А.



Рисунок 2.20 – Внешний вид АК50Б-3М

2.4 Разработка схемы соединений

Схема электрическая соединений исполнительных механизмов представлена на плакате «15.03.04.2017.886.06.13 Э4».

2.4.1 Схема управления регулирующим клапаном

В состав разрабатываемой системы управления входят пять регулирующих клапанов, управляемых посредством механизмов электрических однооборотных, описанных в п. 2.3.1.6.

Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А, описанный в п. 2.3.2.7, используется для управления механизмами МЭО с трёхфазными асинхронными (синхронными) двигателями. ПБР-3А обеспечивает пуск и реверс трёхфазного электродвигателя.

Для переключения режимов управления регулирующим клапаном (Автоматический/Ручной), а также для управления регулирующими клапанами в ручном режиме, используется блок ручного управления БРУ-42, описанный в п. 2.3.1.7. В целях безопасности в программном коде ПЛК устанавливаются блокировки, ограничивающие максимально допустимый расход смешанного газа и воздуха в каждой из зон печи.

Для защиты МЭО от коротких замыканий и перегрузок используется автоматический выключатель АК50Б-3М, описанный в п. 2.3.2.8.

Схема управления регулирующими клапанами представлена на рисунке 2.21.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

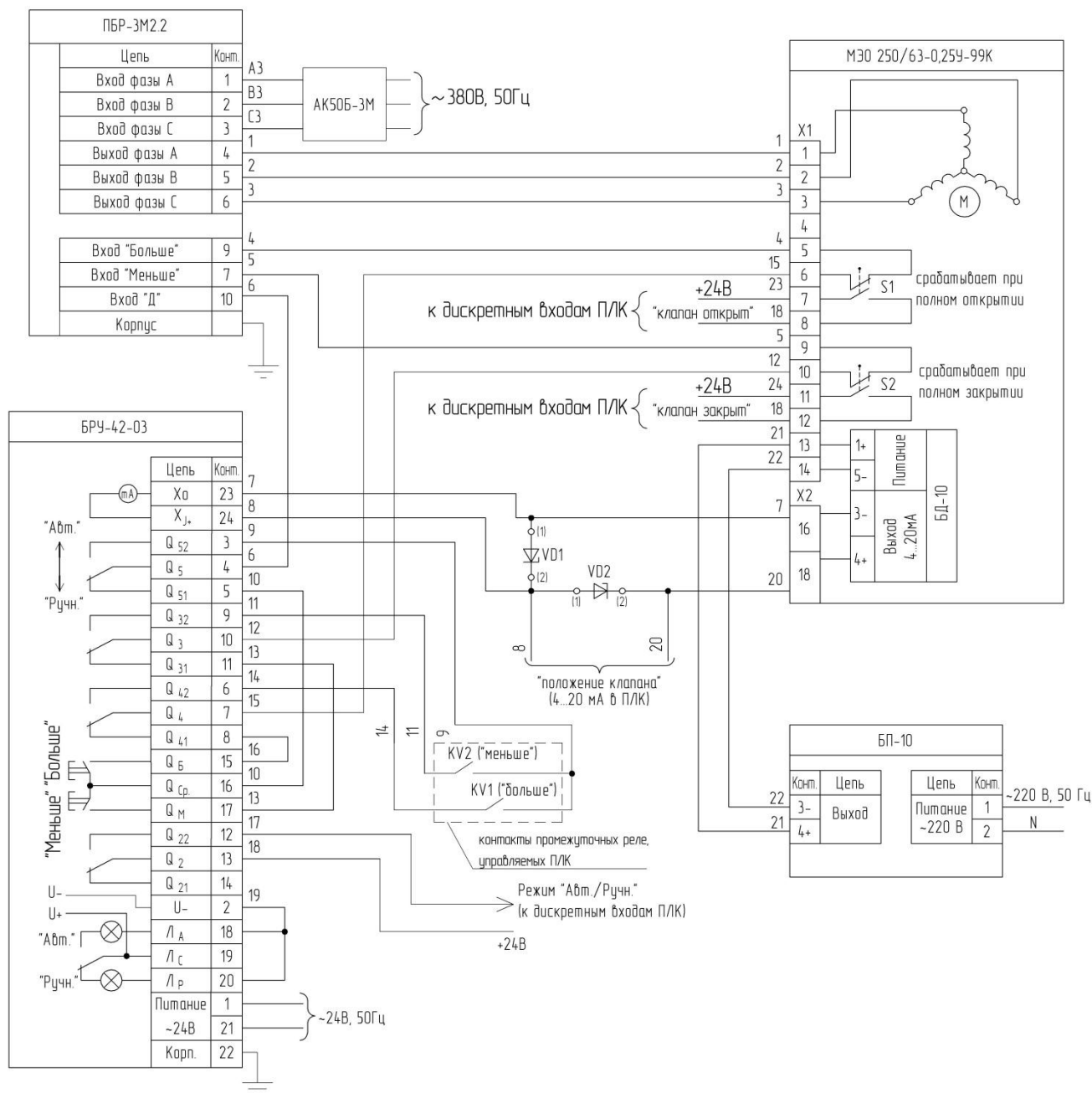


Рисунок 2.21 – Схема управления регулирующими клапанами

2.4.2 Схема управления электромагнитом клапана

В состав разрабатываемой системы управления входят 13 электромагнитов МИС 6200, описанных в п. 2.3.1.8. Напряжение питания электромагнитов – 220 В (однофазного переменного тока), рабочий ток – 0,4 А. Так как дискретные выходы ПЛК представляют собой реле, способные коммутировать цепи с

напряжением до 250 В и током до 3 А, то электромагниты подключаются к ним напрямую.

Для управления электромагнитами в ручном режиме к дискретным входам ПЛК подключаются кнопочные переключатели с самовозвратом КЕ 011, питание цепей которых осуществляется через выход 24 В ПЛК.

Для обеспечения безопасной работы в ручном режиме в программном коде ПЛК устанавливаются ограничения, блокирующие несвоевременные включения исполнительных механизмов. Данные меры принимаются для уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Схема управления электромагнитами запорных и 4/3-ходовых клапанов представлена на рисунке 2.22.

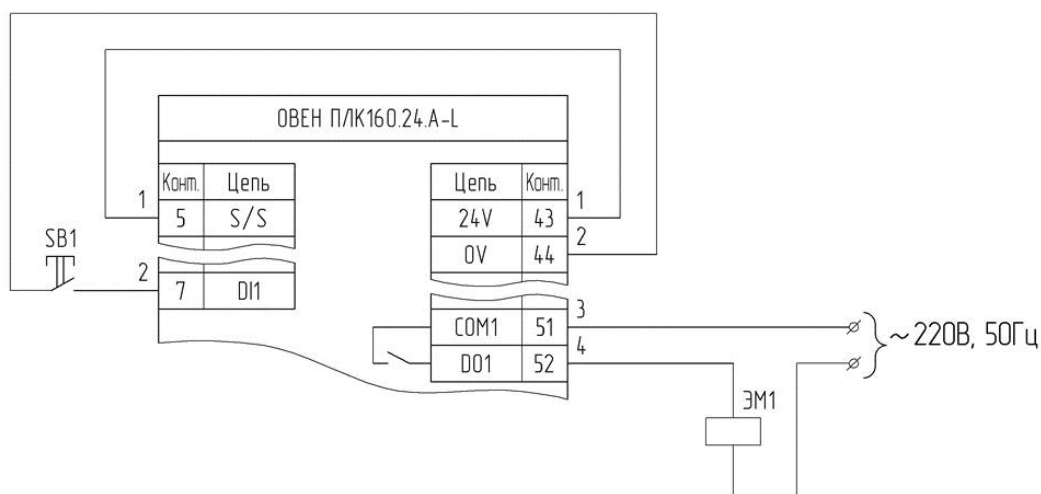


Рисунок 2.22 – Схема управления электромагнитом

2.4.3 Схема соединения модулей ввода-вывода с ПЛК

В разрабатываемой системе используются модули ввода и модули вывода, описанные в п. 2.3.2.2. Как было описано выше, они подключаются к ПЛК через интерфейс RS-485. Все модули ввода и модули вывода подключаются к одной шине, которая представляет собой витую пару. Соединение ПЛК и модулей

происходит путем подключения в общую шину контактов «А» и «В» соответственно.

Для примера на рисунке 2.23 показана схема соединения модулей дискретного ввода и ПЛК.

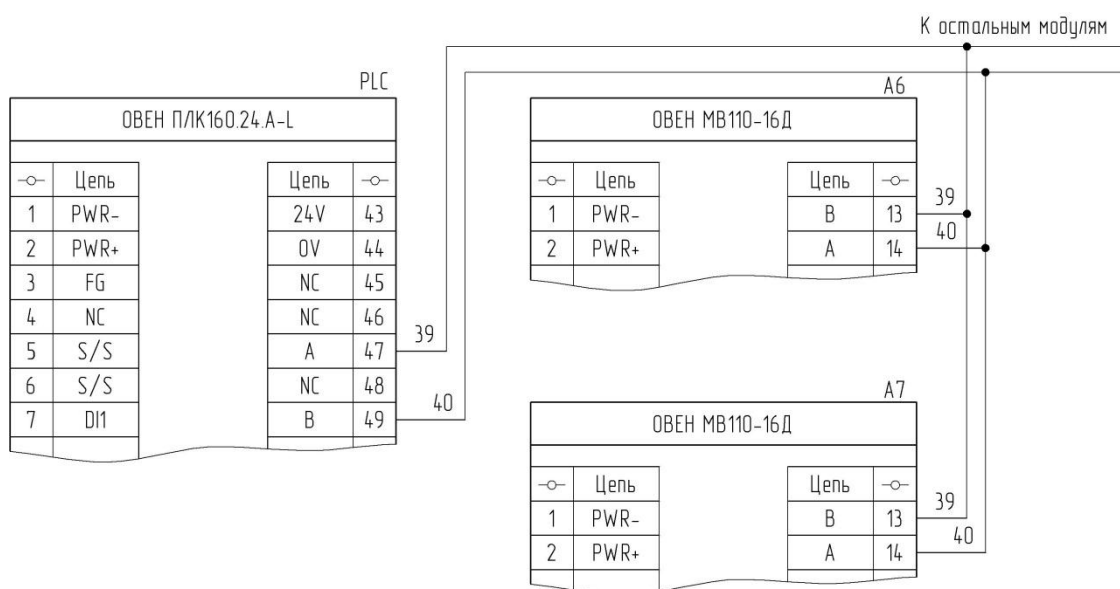


Рисунок 2.23 – Схема соединения модулей дискретного ввода с ПЛК

ПЛК работает с модулями ввода и модулями вывода представляет собой сеть, работающую по принципу ведущий-ведомые (англ. «Master-Slave»). В данной сети ПЛК – главное устройство, способное самостоятельно запрашивать данные у ведомых устройств (модулей ввода и модулей вывода).

В сети может использоваться повторитель ОВЕН АС5, который предназначен для усиления ослабленного сигнала интерфейса RS-485. Повторитель включается в сеть в случаях, если количество приборов в сети больше 32-х (условие не выполняется для разрабатываемой системы), либо если длина линии связи между приборами превышает 1200 метров.

Описание интерфейса RS-485 изложено ниже.

2.4.4 Описание интерфейса RS-485

RS-485 (англ. Recommended Standard 485) – стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса, регламентирующий электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина».

В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных используется одна витая пара проводов, иногда сопровождаемая экранирующей оплеткой или общим проводом. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности — ноль.

Стандарт RS-485 оговаривает только электрические и временные характеристики интерфейса:

- До 32 приёмопередатчиков в одном сегменте сети;
- Максимальная длина одного сегмента сети: 1200 метров;
- Только один передатчик активный;
- Максимальное количество узлов в сети — 256 с учётом магистральных усилителей;

Характеристика скорость обмена/длина линии связи:

- 62,5 кбит/с 1200 м (одна витая пара);
- 375 кбит/с 500 м (одна витая пара);
- 500 кбит/с;
- 1000 кбит/с;
- 2400 кбит/с 100 м (две витых пары);
- 10000 кбит/с 10 м.

Передача данных идёт по двум линиям, А и В.

- Логическая единица: $(A-B) > +200$ мВ;
- Логический ноль: $(A-B) < -200$ мВ.

При большой длине линии связи возникают эффекты длинных линий.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Причина этому — распределенные индуктивные и емкостные свойства кабеля. Как следствие, сигнал, переданный в линию одним из узлов, начинает искажаться по мере распространения в линии, возникают сложные резонансные явления.

Для подавления таких явлений на каждой оконечности длинной линии подключается резистор с сопротивлением 120 Ом, равным волновому сопротивлению кабеля.

Разъем состоит из двух или трех контактов:

- А или «+» (TxD+/RxD+), не инвертированный.
- В или «-» (TxD-/RxD-), инвертированный.

2.4.5 Описание протокола обмена данными MODBUS ASCII

Протокол информационного обмена – это обмен данными между ведущим и ведомым устройствами. Ведущее устройство управляет всей последовательной деятельностью путем избирательного опроса одного или нескольких ведомых устройств. Протокол допускает одно ведущее устройство и 32 ведомых устройств на общей линии с адресами от 1 до 247. Каждому устройству присваивается адрес, чтобы отличать его от других подключенных устройств.

Устройства соединяются, используя технологию – «главный/подчиненный», при которой только одно устройство (главный) может инициировать передачу (сделать запрос). Другие устройства (подчиненные) передают запрашиваемые главным устройством данные или производят запрашиваемые действия. Главный может адресоваться к индивидуальному подчиненному или может инициировать широкую передачу сообщения на все подчиненные устройства. Подчиненное устройство возвращает сообщение в ответ на запрос, адресуемый именно ему. Ответы не возвращаются при широкоэмитерном запросе от главного.

При использовании ASCII - режима каждый байт сообщения передается как два ASCII символа. Главное преимущество этого способа - время между

					ИОУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

передачей символов может быть до 1 секунды без возникновения ошибок при передаче.

Система кодировки: Шестнадцатеричная, ASCII-символы 0 - 9, A - F

Назначение бит:

- 1 стартовый бит;
- 7 бит данных, младшим битом вперед;
- 1 бит паритета; нет бита паритета;
- 1 стоповый бит, если есть паритет; 2 стоповых бита, если нет паритета;
- Контрольная сумма: Longitudinal Redundancy Chek (LRC).

2.5 Регулирование технологических параметров системы

2.5.1 Регулирование температуры в рабочем пространстве печи

Температура в каждой из зон печи измеряется термопарами, изменение температуры происходит путем изменения расхода смешанного газа и подогретого воздуха. Расход компонентов горючей смеси регулируется с помощью запорно-регулирующих клапанов, управляемых МЭО. Отсюда следует, что температура в рабочем пространстве каждой из зон печи, в конечном итоге, зависит от положения задвижек запорно-регулирующих клапанов.

В п. 1.1 указано, что размеры нагреваемых заготовок по сечению – 100×100 мм, а их длина – до 10-12 м. В таблице 2.14, которой руководствуется оператор, показана зависимость марки стали, из которой изготовлены заготовки, от температуры в каждой из зон печи. Указанные в таблице температуры в пространстве печи обеспечивают нагрев заготовок, качество которого удовлетворяет требованиям технологического процесса.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таблица 2.14 – Зависимость температур от марки стали

№ гр	Марка стали	Температура томильной/сварочной зон, °С, в зависимости от темпа выдачи заготовок, шт/ч		
		До 50	От 51 до 80	От 81 и выше
1	Ст0...Ст6, 08...20кп, Ст3пс, Ст5пс, Ст3сп, Ста5сп, А400С, А500С, А600С, 20ХГ2Т, 20ХГ2Ц, 23Х2Г2Т, 25Г2С, 32Г2Рпс, 35ГС, Grade 40, Grade 50, Grade60	1250 ± 20 От1000 до 1020	1260 ± 20 От1050 до 1020	1280 ± 20 От1050 до 1100
2	08...70, 12...35ХМ, 15...55Х(А), 15...25Г, 18ХГ, 15...19ХНМ, 20...38ХГСА, 19...30ХГН, 20ХН2М, 20ХГНТА, 20...30ХГР, 10...30Г2, 15Х5М, 15...25ХГНМА, 20...50ХН	1220 ± 20 От1000 до 1100	1230 ± 20 От1000 до 1100	1250 ± 20 От1000 до 1100
3	АС14, А12, АС35Г2	1210 ± 20 От980 до 1000	1220 ± 20 От1000 до 1050	1240 ± 20 От1000 до 1050
4	60С2(А), 60С2Г, 60...70Г, 60С2ХГ, 65...70, 40Г2(А), 40С2(А)	1200 ± 20 От 950 до 1000	1210 ± 20 От1000 до 1050	1230 ± 20 От1050 до 1100

Продолжение таблицы 2.14

№ гр	Марка стали	Температура томильной/сварочной зон, °С, в зависимости от темпа выдачи заготовок, шт/ч		
		До 50	От 51 до 80	От 81 и выше
5	12ХН, 12Г1Р, 16ХСН, 20Г2Р, 30ХР, 35ГР, 38...40ХГНМ, 40ХН2МА	1180 ± 20 От 900 до 950	1180 ± 20 От 900 до 950	1210 ± 20 От 900 до 1000

Температуры в таблице 2.14 указаны с учетом влияния горячих дымовых газов от томильной зоны на температуру сварочной зоны.

Удельная теплота сгорания коксодового газа $Q=2500$ ккал/м³. При данной теплоте сгорания соотношение объема подаваемого к горелкам коксодового газа к объему нагретого воздуха должно быть равно 1 к 2,45. Данное соотношение остается постоянным при всех режимах нагрева заготовок.

На рисунке 2.24 изображен график зависимости температуры в пространстве сварочной зоны печи от расхода горючей смеси.

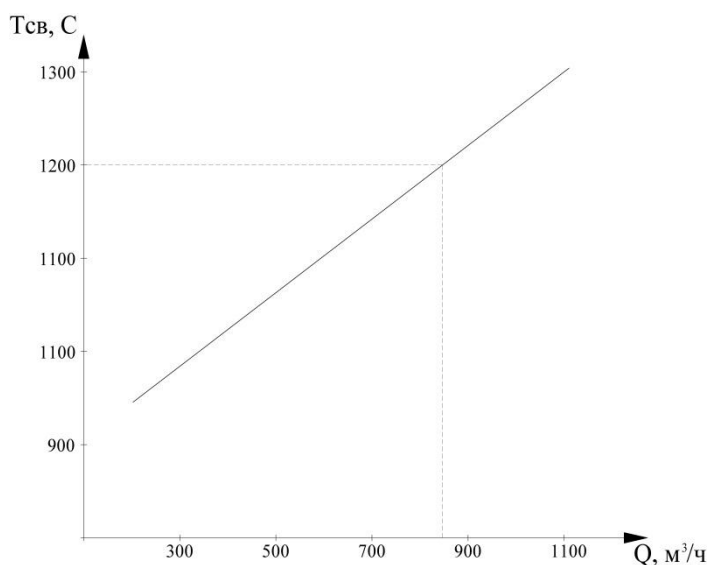


Рисунок 2.24 – График зависимости температуры в сварочной зоне печи от расхода горючей смеси

На рисунке 2.25 изображен график зависимости температуры в пространстве томильной зоны печи от расхода горючей смеси.

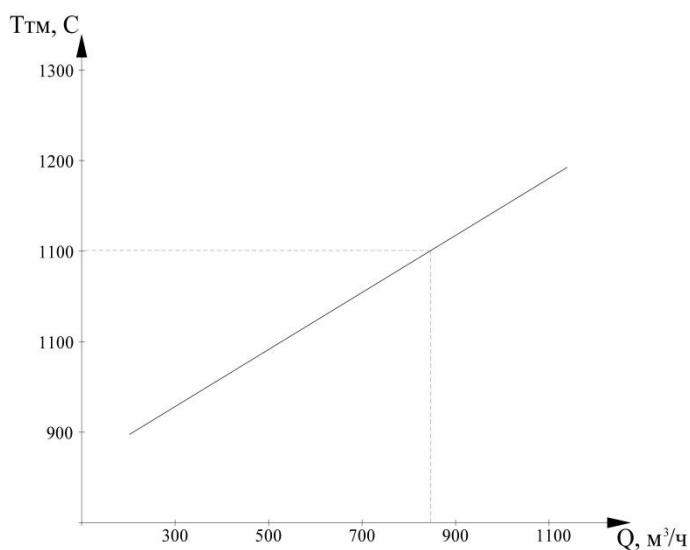


Рисунок 2.25 – График зависимости температуры в томильной зоне печи от расхода горючей смеси

По данным графикам вычисляется расход коксодоменного газа и подогретого воздуха на каждую из зон печи, после чего экспериментально устанавливается зависимость расхода компонентов смеси на каждую из зон печи от положений задвижек воздушных и газовых запорно-регулирующих клапанов.

2.5.2 Регулирование температуры рекуператора

Температура рекуператора измеряется с помощью хромель-алюмелевой термопары. При перегреве рекуператора происходит открытие запорного клапана, посредством которого происходит сброс подогретого воздуха. После сброса подогретого воздуха температура рекуператора нормализуется.

2.5.3 Регулирование давления в пространстве печи

Давление в пространстве печи измеряется с помощью датчика давления, описанного в п. 2.3.1.1 и регулируется с помощью запорно-регулирующего клапана дымовых газов, установленного после рекуператора. Управление данным клапаном производится с помощью МЭО.

Зависимость давления от положения задвижки клапана дымовых газов экспериментально устанавливается, после чего вносится в программный код, с помощью которого происходит управление ПЛК.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Экономическая часть является одной из основных причин создания АСУ ТП. В данном разделе представлено экономическое обоснование создания АСУ ТП, а также расчёт себестоимости системы с учётом проведённых работ и всех комплектующих частей системы. Произведён расчёт возможной прибыли, срока окупаемости проектируемой АСУ ТП. Расчёт производится в несколько этапов, которые будут рассмотрены далее.

Себестоимость продукции – это затраты предприятия на ее производство и реализацию, выраженные в денежной форме. Расчет и анализ себестоимости продукции является важнейшей задачей любого предприятия и входит в систему управленческого учета. Себестоимость в свою очередь складывается из ряда составляющих:

- материальные затраты (сырье, материалы, комплектующие изделия, топливо, энергия, общепроизводственные затраты);
- оплата труда (основного производственного персонала, вспомогательного производственного персонала, интеллектуального персонала, служащих, младшего обслуживающего персонала);
- отчисления на социальные мероприятия;
- амортизация основных средств;
- прочее (накладные расходы, непосредственно связанные с производством и реализацией; маркетинговые расходы).

3.1 Расчет затрат на комплектующие системы

Расчет стоимости используемого оборудования произведен исходя из цен, представленных в интернет-магазинах. Стоимость каждой позиции представлена в таблице 3.1. Цены приведены с учётом НДС.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Таблица 3.1 – Стоимость комплектующих АСУ МП

Наименование	Цена за ед.	Кол.	Сумма
Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК160.24.А-L	28792 р	1	28792 р
Модуль аналогового ввода ОВЕН МВ110-8А	6313 р	3	18939 р
Модуль дискретного ввода ОВЕН МВ110-16Д	4484 р	2	8968 р
Модуль дискретного вывода ОВЕН МУ110-8Р	5133 р	2	10266 р
Измерительный преобразователь модульный ИПМ 0399/М0	944 р	10	9440 р
Источник вторичного бесперебойного питания ОВЕН ИБП60	3186 р	1	3186 р
Панель оператора ОВЕН СП310-Р	17700 р	1	17700 р
Датчик положения диффузного типа DATASENSOR S300-РА	1310 р	12	15720 р
Датчик-детектор горячего металла DELTASENSOR IRIS111-30-09	4790 р	1	4790 р
Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А	3490 р	5	17450 р
Автоматический выключатель АК50Б-3М	2810 р	5	14050 р
Кнопка СР2-11G-10	539 р	13	7007 р
Промежуточное реле, FINDER 38	390 р	10	3900 р

Сумма затрат на комплектующие составила $P = 160208$ рублей.

Стоимость прочего оборудования принимается в размере 10% от суммарной стоимости комплектующих системы:

$$P_{\text{в}} = 160208 \text{ рублей} \cdot 0,1 = 16020 \text{ рублей.}$$

Итоговая сумма затрат на комплектующие системы:

$$P_{\text{кп}} = 160208 \text{ рублей} + 16020 \text{ рублей} = 176228 \text{ рублей.}$$

3.2 Расчет полной себестоимости проекта

Для подсчёта полной себестоимости проектируемой системы необходимо также учесть затраты на транспортировку комплектующих, оплату труда (заработная плата проектировщика), отчисления на социальные нужды, монтажные и пусконаладочные работы, а также общие накладные расходы.

Используя расчеты из п. 3.1 суммарная себестоимость комплектующих равна 176228 рублей.

Примем заработную плату проектировщика за 35000 рублей. С учётом подоходного налога равного 13% и отчислениями на социальные нужды (30% от заработной платы), затраты составят 51415 рублей. Исходя из предложений интернет-магазинов, оказывающих услуги доставки, выберем наиболее оптимальную доставку стоимостью 26000 р.

Монтажные работы, прокладка всех электропроводов с учётом их стоимости, установка оборудования и сборка шкафа управления, а также пусконаладочные работы являются весьма затратными и составляют порядка 30% от себестоимости проектируемой системы. В том случае затраты на такие работы составят 48062 рубля. По расчетным данным составим калькуляционную таблицу полной себестоимости (таб. 3.2).

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Таблица 3.2 – Полная себестоимость проекта

Статья калькуляции	Сумма, рублей
Стоимость комплектующих	176228
Транспортные расходы	26000
Монтажные и пусконаладочные работы	48062
Суммарные затраты на разработчика	51415
Итого:	301705

3.3 Расчет экономического эффекта

Экономический эффект – разность между результатами деятельности хозяйствующего субъекта и произведенными для их получения затратами на изменения условий деятельности. Эффект от использования систем автоматизации в сущности является экономией общественного труда при производстве, которая может определяться снижением квалификации работника, экономией затрат времени на производимую операцию, а также повышение качества регулирования и надёжности системы, что безусловно сказывается на увеличении срока эксплуатации объекта.

Экономический эффект достигается путём экономии материальных средств на оплату труда обслуживающего персонала, который контролирует работу методической печи, а также управляет ею вручную. Учитывая особенности технологического процесса, (контроль работы методической печи ведётся круглосуточно) для обслуживания печи требуется 3 оператора, чтобы обеспечить непрерывный 24-часовой график работы.

По данным технологического процесса средние временные затраты на регулирование технологических параметров составляют 0,5 часа в смену.

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации рабочее время в месяц составляет от 176 часов до 184 часов. Примем среднее значение 180 часов.

Заработная плата оператора (за вычетом подоходного налога) составляет 25000 рублей в месяц.

Рассчитаем затраты предприятия на одного оператора с учётом подоходного налога 13% и с учётом отчислений на социальные нужды 30%:

$$ЗП_{с\text{НДФЛ}} = \frac{25000 \text{ рублей}}{87\%} \cdot 100\% = 28375 \text{ рублей,}$$

$$Н_{соц} = 28375 \text{ рублей} \cdot 0,3 = 8620 \text{ рублей.}$$

В таком случае полные затраты предприятия на одного оператора составят:

$$З_{полная} = 28375 \text{ рублей} + 8620 \text{ рубля} = 36995 \text{ рублей.}$$

Определим затраты на один час работы оператора:

$$З_{час} = \frac{36995 \text{ рублей}}{180 \text{ часов}} = 205,5 \text{ рублей.}$$

Следовательно затраты на 3-х сотрудников за 30 суток работы печи, технологические параметры которой регулируются операторами в течение 0,5 часа в смену, составят:

$$З_{3*30} = 205,5 \text{ рубля} \cdot 0,5 \text{ часа} \cdot 3 \text{ оператора} \cdot 30 \text{ дней} = 9247 \text{ рублей.}$$

Также экономический эффект от внедрения система достигается путём уменьшения времени простоя печи на ремонте. Внедрение АСУ МП позволит

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

сократить время простоя оборудования с 20% от годового фонда времени работы печи до 15%, т. е. на 5%.

Рассчитаем экономию средств, достигаемую в результате снижения простоя оборудования:

$$\mathcal{E}_{\text{прос}} = W_{\text{МП}} \cdot T \cdot C_3 \cdot \Delta t,$$

где $W_{\text{МП}}$ – тепловая мощность печи (Гкал/час);

T – готовой фонд работы печи (час);

C_3 – цена вырабатываемой печью энергии (руб/Гкал);

Δt – доля снижения времени простоя оборудования.

Отсюда получим:

$$\mathcal{E}_{\text{прос}} = 66 \cdot 8760 \cdot 20,1 \cdot 0,05 = 581050 \text{ рублей.}$$

В таблице 3.3. представлен экономический эффект от внедрения системы.

Таблица 3.3 – Эффект от внедрения системы

Параметр	До внедрения	После	Эффект
Затраты времени на регулирование технологических параметров, ч/сутки	до 0,5	0	снижение на 0,5
Рабочее время оператора в месяц, час	180	169	снижение на 11
Затраты на заработную плату оператора, рублей в месяц	36990	34729	снижение на 2261
Время простоя оборудования, %/год	20%	15%	снижение на 5%

3.4 Расчет срока окупаемости системы

Разработка системы и её внедрение необходимо для нужд предприятия, поэтому её дальнейшая реализация не предполагается. Внедрение системы планируется на собственные средства. Рассчитаем срок окупаемости системы, т.е. то время, за которое произойдет возврат всех капитальных вложений в размере 301705 рублей.

Как ранее было сказано, возврат средств произойдет за счет экономии на заработной плате трех операторов, а также в результате снижения времени ремонта оборудования.

Следовательно, годовая экономия затрат:

$$\text{ЭЗ} = 2261 \text{ рубль} \cdot 3 \text{ оператора} \cdot 12 + 581050 \text{ рублей} = 662446 \text{ рублей.}$$

По этим данным составим график окупаемости, показывающий срок окупаемости за счет экономии затрат.

Период, за который окупится внедрение системы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\text{ЭЗ}} = \frac{301705}{662446} = 0,46 \text{ года} = 5,6 \text{ месяцев.}$$

Поэтому эффект от внедрения системы будет проявляться лишь после данного срока. Рассчитаем экономический эффект и для последующих лет эксплуатации:

$$\text{Э}_{\text{ЭЗ}i} = K + i \cdot \text{ЭЗ},$$

$$\text{Э}_{\text{ЭЗ}1} = 301705 \text{ рублей} + 662446 \text{ рублей} = 946151 \text{ рубль,}$$

$$\text{Э}_{\text{ЭЗ}2} = 301705 \text{ рублей} + 2 \cdot 662446 \text{ рублей} = 1626597 \text{ рублей,}$$

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$\mathcal{E}_{\text{ЭЗЗ}} = 301705 \text{ рублей} + 3 \cdot 662446 \text{ рублей} = 2289043 \text{ рубля.}$$

На рисунке 3.1 представлен график зависимости прибыли (от внедрения системы) от времени.

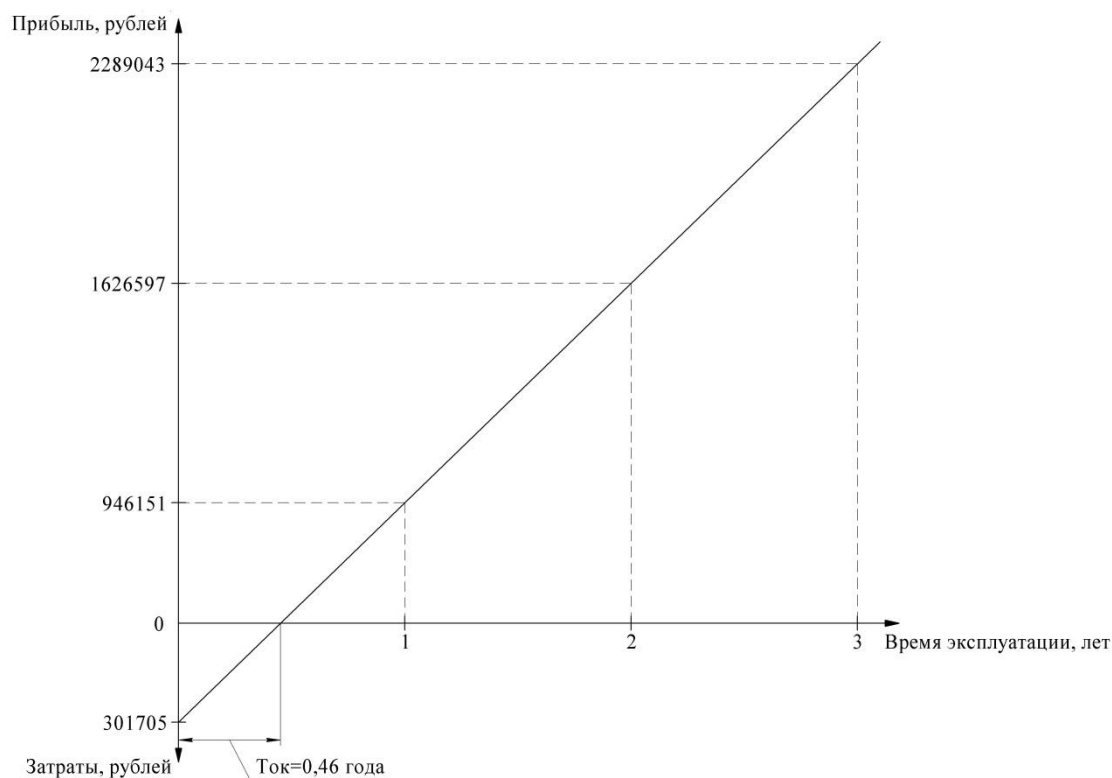


Рисунок 3.1 – График зависимости прибыли от времени

3.5 Расчет коэффициента технического уровня

Под техническим уровнем изделия понимается совокупность показателей, характеризующих качественные свойства изделия и их соответствие лучшим мировым образцам или отечественным образцам. Для оценки этого уровня используется коэффициент технического уровня (КТУ).

Коэффициент технического уровня – отношение суммы относительных величин, ранжированных параметров, определенных по отношению

соответствующих параметров образцов отечественной продукции к приведенному числу параметров.

$$КТУ = \frac{\sum_{i=1}^S k_{ni} \cdot G_i}{\sum_{i=1}^S G_i},$$

$$k_{ni} = \frac{B}{B_0},$$

где B – частный параметр конструируемого устройства;

B_0 – частный параметр лучшего отечественного образца;

S – число показателей или параметров (от 4 до 8);

G_i – коэффициент весомости частного параметра.

$$G_i = \frac{i}{2^{i-1}},$$

$$КТУ = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{B}{B_0} \cdot \frac{i}{2^{i-1}}}{\sum_{i=1}^S \frac{i}{2^{i-1}}}.$$

Для расчета коэффициента технического уровня проектируемой системы составим таблицу сравнения параметров с прототипом. Количество сравниваемых параметров должно быть порядка 4-8, также необходимо проранжировать сравниваемые параметры от наиболее к наименее значимому, так как вес каждого из них с увеличением номера будет уменьшаться.

В таблице 3.4 представлены критерии сравнения параметров.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Таблица 3.4 – Таблица сравнения параметров

Параметр	Разрабатываемое Устройство	Прототип
Количество автоматически регулируемых параметров	6	1
Время работы от годового фонда времени	0,85	0,8
Количество визуализированных параметров в контуре печи	8	4
Затраты на одного оператора	34729	37223

Используя приведённую выше формулу расчёта КТУ и данные таблицы, получим значение коэффициента технического уровня $2,08 > 1$, это говорит о том, что проектируемая система технически и конструктивно более совершенна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления методической печью с шагающим подом. Была разработана структурная схема, схема структурно-функциональная, схема автоматизации, блок-схема алгоритма технологического процесса методической печи, схема соединений.

Создание данной системы привело к:

- повышению технического уровня ведения ТП нагрева заготовок;
- улучшению технико-экономических показателей функционирования МП;
- обеспечению автоматизированного эффективного управления технологическим процессом в обоих режимах работы МП;
- своевременному предоставлению оперативному персоналу достаточной и достоверной информации о параметрах ТП и состоянии оборудования.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тайц, Н.Ю. Методические нагревательные печи / Н.Ю. Тайц, Ю.И. Розенгарт // Металлургиздат. – 1964.
2. Инструкция по определению экономической эффективности использования в черной металлургии новой техники, изобретений и рационализаторских предложений, МЧМ СССР, 1979 год.
3. Каталог продукции «ОВЕН».
<http://www.owen.ru/catalog/>
4. Каталог продукции ООО ТД «Тепломеханика».
http://teplomehnika.ru/mzta_puskateli.htm
5. Каталог продукции «Автоматизация и приводы».
<http://www.aqad.ru/index.php?tree=1000000&tree2=10007430&tree3=930999&tree4=10021868&tree5=10021873&tree6=10026963>
6. Интерфейс RS-485. <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485>
7. Протокол информационного обмена MODBUS.
http://alektogroup.com/assets/files/aedc/rs485_9006_modbus.pdf
8. Блок схема алгоритма. Справочное издание. – <http://shkolo.ru/blok-shema-algoritma>
9. Показатели экономической эффективности производства. Справочное издание. – <http://www.economy-web.org/?p=584>
10. СТО ЮУрГУ 04 – 2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова // – ЮУрГУ. – 2008.
11. Огарков, С.Ю. Оформление курсовых и дипломных проектов по специальности 210200 «Автоматизация производственных процессов и производств» / С.Ю. Огарков, Н.В. Виноградова // ЮУрГУ. – 2003.

					ЮУрГУ 15.03.04.2017.886.00.13 ПЗ (ВКР)	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62