

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Электротехнический факультет
Кафедра автоматики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/ С.С. Голошапов

« ____ » _____ 2018 г.

Автоматизация процесса прокаливания ферросплавов в печи сталеплавильного цеха

ПАО АМЗ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2018.060.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы

мастер цеха ЭСПЦ-2, ПАО АМЗ

_____/ К.Е. Солдатов

« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы

студент группы МиЭт-599

_____/ Р.Г. Хазиахметов

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер

доц. каф. САУ, к.т.н.

_____/ Е.А. Алешин

« ____ » _____ 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОКАЛИВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ.....	7
1.1 Краткая характеристика предприятия	7
1.2 Необходимость внедрения автоматизированной системы управления технологическим процессом печи прокаливания ферросплавов	8
2 РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧИ ПРОКАЛИВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ.....	11
2.1 Система регулирования температуры в печи	11
2.2 Система регулирования соотношения расходов газ – воздух.....	12
2.3 Состав систем измерения печи	12
2.4 Система сигнализации и отсечки	18
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	20
3.1 Расчет электродвигателя привода тележки выкатной подины.....	20
3.2 Расчет электроснабжения помещения вентиляционных устройств.....	22
3.3 Конструкторско-технологическая часть	33
3.4 Техническое обслуживание печи прокаливания ферросплавов.....	38
3.5 Компоновка щита КИП	46
3.6 Выбор контрольно-измерительных приборов.....	46
4 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ	49
4.1 Разработка алгоритма	49
4.2 Настройка регуляторов Sipart DR 19	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ А.	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.	70

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОКАЛИВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ

1.1 Краткая характеристика предприятия

ОАО «Ашинский металлургический завод», расположенный в Челябинской области, является одним из крупных российских производителей и экспортеров проката. АМЗ представлен единым предприятием и не имеет филиалов и представительств. Завод представляет собой металлургический комплекс с полным производственным циклом, начиная с подготовки железорудного сырья и заканчивая глубокой переработкой черных металлов.

Из истории. Ашинский завод был основан в 1898 году и включал в себя только доменное производство. В 50х-70х годах на предприятии были введены в эксплуатацию три листопрокатных цеха.

В 1987 году на заводе открыли цех нержавеющей посуды, на котором было организовано производство кастрюль различных видов, жаровен и сковород, а с 1993 года предприятие начало выпуск термосов из нержавеющей стали. Так завод приобрел новую специализацию.

В 1992 году в результате приватизации предприятие было преобразовано в открытое акционерное общество ОАО «Ашинский металлургический завод».

В 2005 году завершили строительство и запустили в эксплуатацию агрегат ковш-печь (АКП).

В 2007 – июнь-октябрь запущена в эксплуатацию Машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). АКП и МНЛЗ являются одним из важнейших этапов коренной реконструкции предприятия.

За ними последуют электропечь и прокладка высоковольтной линии электропередач (ЛЭП), модернизация прокатного производства, производства аморфных сталей и комплекса по выпуску товаров народного потребления. Новая электросталеплавильная печь производительностью один миллион тонн стали в год должна заменить три ныне действующие мартена. Очередной этап реконструкции рассчитан на 2018 - 19 гг. – запланировано строительство ДСП.

Производимая продукция. Металлургический комплекс ОАО «Ашинский металлургический завод» имеет полный производственный цикл и предлагает своим потребителям широкий спектр продукции: листовой

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

металлопрокат, как из стали обыкновенного качества, так и из низколегированных, конструкционных, жаропрочных, коррозионностойких и жаростойких марок стали и сплавов. Также предприятие производит магнитопроводы, порошки из магнитомягких сплавов, электромагнитные экраны и многое другое.

Кроме того, завод выпускает обширную гамму товаров народного потребления из нержавеющей стали (столовые приборы, кухонные наборы, посуду, термосы и т.д.). В настоящее время предприятие занимает четвертое место среди отечественных производителей столовых приборов и кухонных принадлежностей.

Для производства АМЗ приобретает у сторонних организаций природный газ, мазут, металлолом, ферросплавы, пиломатериалы [18].

1.2 Необходимость внедрения автоматизированной системы управления технологическим процессом печи прокаливания ферросплавов

Печь прокаливания ферросплавов, используемая в настоящее время, представляет собой неавтоматизированное устройство с контрольно-измерительными приборами показывающего типа, то есть индикатором давления и температуры без устройств регулирования измеряемых параметров. Такая печь сложна и неудобна в эксплуатации, а в некоторых случаях даже опасна.

Для решения этой проблемы в данном дипломном проекте предлагается внедрить автоматизированную систему управления печи прокаливания ферросплавов. Эта система предполагает использование контрольно-измерительных приборов регулирующего действия и исполнительных механизмов, которые устанавливаются на систему подачи топлива (природного газа) и воздуха.

Автоматизированная система управления печи обеспечит надежные и безопасные условия протекания технологического процесса прокаливания ферросплавов.

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. В автоматизированном процессе производства роль человека – в наладке, регулировке, обслуживании средств автоматизации и наблюдении за их действием.

Автоматизация объектов, использующих газовое топливо, позволяет сократить количество обслуживающего персонала, улучшить работу агрегатов, обеспечить экономию газа, облегчить условия работы обслуживающего персонала и создать безопасные условия эксплуатации.

Рациональное и безопасное использование газа связано с контролем за работой газового оборудования при помощи различных по устройству и принципу действия контрольно-измерительных и автоматических приборов.

Автоматические устройства обеспечивают:

- контроль и измерение;
- сигнализацию;
- управление;
- регулирование.

С помощью контрольно-измерительных приборов контролируют давление газа, наличие факела, полноту сжигания газа.

Автоматическая сигнализация может быть предупредительная, исполнительная и аварийная. В любом случае аварийная сигнализация обеспечивает передачу сигналов операторам.

Под автоматическим управлением понимают сигналы, посылаемые датчиками, которые контролируют режим работы, например газогорелочного устройства.

Автоматическое регулирование предназначено для поддержания заданного регулируемого параметра.

Во время работы объект, в котором протекает процесс, несет необходимую нагрузку. Эта нагрузка изменяется во времени. Колебания нагрузки влекут за собой изменения параметра, характеризующего протекание процесса в объекте. Условия протекания процесса могут меняться и в результате нарушений, возникающих при работе объекта. Задача регулирования состоит в том, чтобы поддерживать требуемые условия протекания процесса, восстанавливая их каждый раз, когда условия нарушаются. Регулирование может осуществлять вручную обслуживающий персонал или автоматическая система.

В настоящее время основное направление в автоматизации – это создание комплексных систем, включающих автоматику безопасности и регулирования. Наиболее перспективной является разработка автоматизированных печей или горелочных блоков. Основными параметрами, подлежащими регулированию у агрегатов, использующих

газовое топливо, являются температура, разряжение или противодействие, соотношение «топливо – воздух». Для обеспечения наиболее экономичного сжигания газа или создания необходимой среды в рабочей камере агрегата регулируют расход воздуха в зависимости от расхода газа при стабилизированном значении разряжения или противодействия. Изменение расхода воздуха осуществляют с помощью следящей системы, поддерживающей установленное соотношение «топливо – воздух».

Важную функцию выполняет автоматика безопасности, которая прекращает подачу газа при нарушении заданных параметров. Автоматика безопасности отключает подачу газа при недопустимом отклонении давления газа, погасании пламени горелок, нарушении тяги, прекращении подачи воздуха к дутьевым горелкам [4; 12].

В настоящее время при прокаливании ферросплавов в зависимости от производительности сталеплавильного производства применяется несколько типоразмеров печей прокаливания, отличающихся друг от друга объемом прокаливаемого сырья.

Дальнейшее развитие ОАО «Ашинский металлургический завод» может привести к замене действующей печи прокаливания на более производительную, т.к. ежегодно возрастает объем использования ферросплавов в основном производстве.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

2 РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧИ ПРОКАЛИВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ

Для экономичного сжигания топлива и поддержания технологических параметров на заданном уровне в проекте предусмотрено два контура регулирования. Система регулирования температуры поддерживает требуемую температуру в пространстве печи изменением расхода газа, а система регулирования соотношения расходов газа и воздуха поддерживает оптимальный процесс сгорания газа изменением расхода воздуха.

2.1 Система регулирования температуры в печи

Для поддержания требуемых параметров технологического процесса прокаливания необходимо контролировать температуру в печи на протяжении всего рабочего цикла.

Структурная схема автоматического регулирования температуры в печи прокаливания приведена на рисунке 2.1.

Основным компонентом системы регулирования температуры является универсальный цифровой регулятор Sipart DR-19 фирмы Siemens (РТ).

Регулятор настроен как стандартный ПИД-регулятор с импульсным выходом. На первый дополнительный вход регулятора подается токовый сигнал с температурного нормирующего преобразователя (ДТ). С помощью органов управления и индикации, расположенных на регуляторе, вводится заданное значение температуры в градусах Цельсия (ЗТ). Регулятор сравнивает входной сигнал с введенным заданием и выдает дискретные сигналы управления «больше - меньше».

Эти сигналы через переключатель блока ручного управления БРУ-42 (ПР), предназначенного для переключения режима работы ИМ «ручной - автоматический» и управления в ручном режиме (РУ), усиливаются бесконтактным реверсивным пускателем ELR W 3/9-400 (ПБР), подающего фазу 220 В 50 Гц на исполнительный механизм МЭО-16/63-0,25У-84 (ИМ), управляющего заслонкой (З) на газопроводе. Путем открывания/закрывания заслонки будет происходить увеличение/уменьшение расхода сжигаемого газа и соответственно увеличение/уменьшение температуры в печи.

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

2.2 Система регулирования соотношения расходов газ – воздух

Для поддержания параметров технологического процесса прокаливания ферросплавов необходимо контролировать соотношения расходов газ – воздух в печи на протяжении всего рабочего цикла.

Структурная схема автоматического регулирования соотношения расходов газ – воздух приведена на рисунке 2.2.

Система регулирования соотношения расходов газ – воздух также построена на регуляторе Sipart DR-19 фирмы Siemens (РС), блоке ручного управления БРУ-42 (ПР) и пускателе бесконтактном реверсивном ELR W 3/9-400 (ПБР). Схема позволяет управлять исполнительным механизмом МЭО-16/63-0,25У-84 (ИМ) в автоматическом и ручном режимах (РУ).

Регулятор настроен как регулятор соотношения. На его входы подаются токовые сигналы 4...20 мА с датчиков расхода газа (ДРГ) и воздуха (ДРВ). Ведущим параметром является расход газа, ведомым – расход воздуха. На лицевой панели регулятора устанавливается коэффициент соотношения (ЗС), который умножается на величину расхода газа и сравнивается с текущим расходом воздуха (ВС). При несоответствии заданного и текущего расходов воздуха регулятор выдает импульсные сигналы, направленные на уменьшение несоответствия.

При уменьшении ведущего расхода меньше 1% регулятор прекращает процесс регулирования. Кроме того, последовательно с регулятором в цепь токовых сигналов включен трехканальный регистратор Sires L фирмы Siemens (поз.3з), записывающий на рулонной бумаге показания расходов газа и воздуха и температуры в печи.

2.3 Состав систем измерения печи

Системы регулирования температуры печи и соотношения расходов газ-воздух построены на основе унифицированных регуляторов и измерителей, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями.

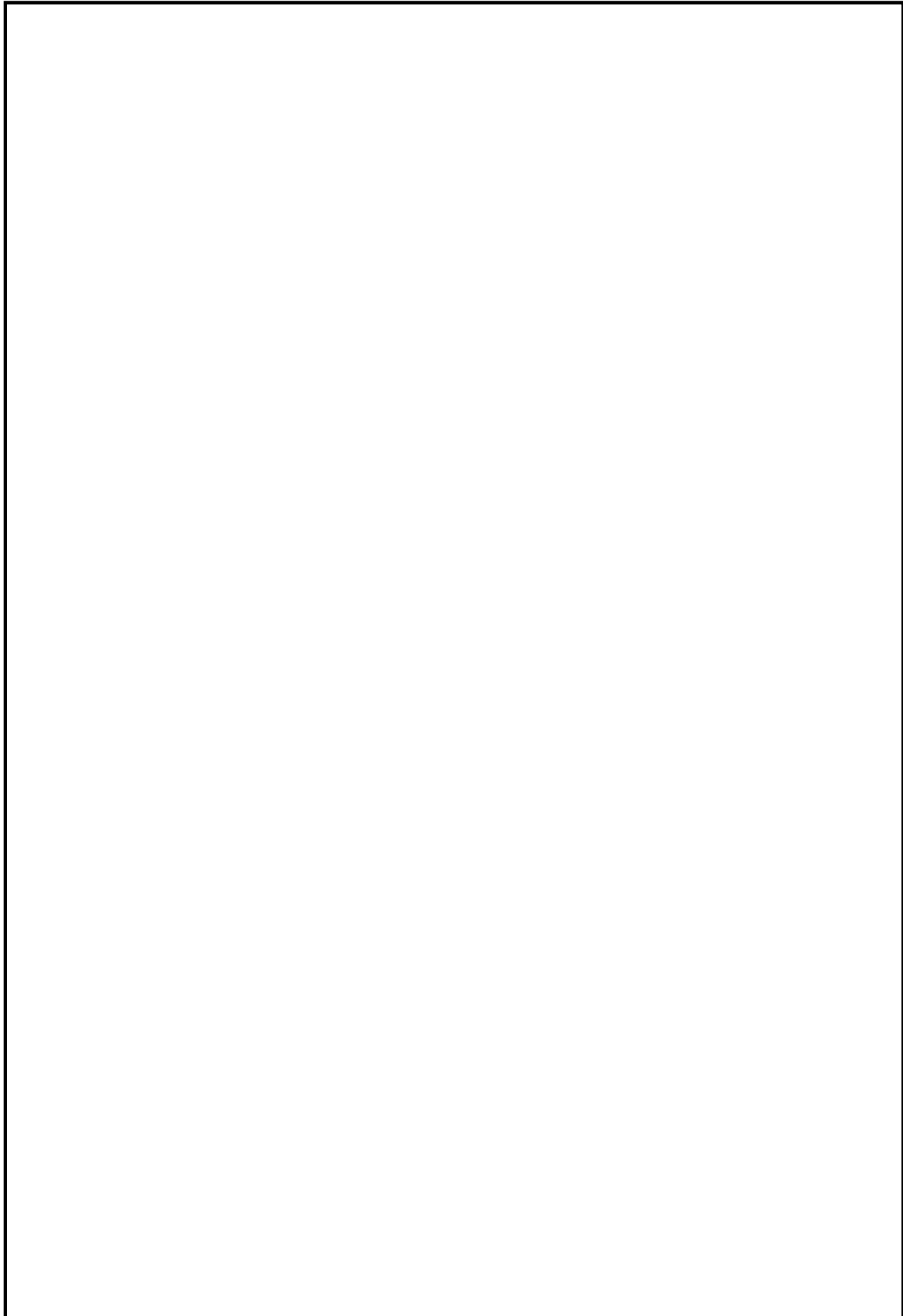
Для поддержания оптимального технологического режима печь снабжена необходимыми системами измерения, сведения о которых приведены в таблице 2.1.

Основными параметрами являются:

А) Давление воздуха на печь.

Измерение давления воздуха перед печью осуществляется при помощи датчика поз.8а Vegabar-17 фирмы VEGA с пределом измерения 0...10 кПа,

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



					<i>27.03.04.2018.060.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

расположенного в шкафу датчиков №1. Питание датчика = 24 В подается от импульсного источника питания U9 типа S82K-00724 фирмы Omron. Токовый сигнал 4...20 мА, пропорциональный давлению, подается на цифровой измеритель КЗМА-J фирмы Omron. Диапазон индикации измерителя – 0...10,00 (кПа). Для контроля по месту предусмотрен напоромер типа НМП-100-М1 с диапазоном измерения 0...10 кПа.

Б) Расход воздуха на печь.

Измерение расхода воздуха на печь осуществляется методом переменного перепада при помощи комплекта, состоящего из бескамерной диафрагмы ДБС 0,6-350 поз.4а, создающей перепад 4 кПа при расходе 3000 м³/ч, установленной на воздухопроводе, и датчика разности давления поз.4б Метран-100-ДД с пределом измерения 0...4 кПа и функцией корнеизвлечения, расположенного в шкафу датчиков №1. Питание датчика = 24 В подается от импульсного источника питания U7 типа S82K-00724 фирмы Omron. Токовый сигнал 4...20 мА, пропорциональный расходу, последовательно подается на слот №1 регулятора соотношения Sipart DR-19 фирмы Siemens (поз.4в) и второй канал трехканального бумажного регистратора Sires L фирмы Siemens (поз.3з). Диапазон шкалы регистратора – 0...3000 м³/ч.

В) Давление воздуха на горелку.

Отбор давления, для измерения давления воздуха перед каждой горелкой, взят из отвода от общего коллектора на горелку. Измерение осуществляется по месту напоромером типа НМП-100-М1 с диапазоном измерения 0...10 кПа. Для сигнализации падения давления воздуха на горелки предусмотрен отбор давления от общего воздушного коллектора на сигнализатор ДЕ-57, размыкающего контакт при уменьшении давления ниже 3,5 кПа. Сигнализатор расположен в шкафу датчиков №2.

Г) Температура воздуха после рекуператоров.

Измерение температуры воздуха после рекуператоров осуществляется в общем воздушном коллекторе перед горелками. Датчиком является термоэлектрический преобразователь поз.2а градуировки ХК(L). Сигнал с датчика подается на программируемый нормирующий преобразователь поз.2б MCR-T фирмы Phoenix Contact. Диапазон преобразования 0...600 (°C). Для сигнализации превышения температуры выше 400 °C использован контакт реле измерителя, замыкающийся при превышении заданного значения. Контакт включен в схему сигнализации.

Таблица 2.1 – Системы измерения печи

№ п/п	Наименование параметра	Поз.	Обозначение прибора	Пределы измерения (НСХ)	Расположение
1	Давление воздуха на печь	6	НМП-100	0...10 кПа	по месту
		8а	Vegabar-17		шкаф датчиков
		8б	КЗМА-Ж		щит КИП
2	Расход воздуха на печь	4а	ДБС 0,6-350	0...4 кПа	по месту
		4б	Метран-100-ДД		шкаф датчиков
		3з	Sirec L (2 канал)	0...3000 м ³ /ч	щит КИП
3	Давление воздуха на горелку	12	НМП-100	0...8 кПа	по месту
		10а	ДЕ-57	< 3,5 кПа	шкаф датчиков
4	Температура воздуха после рекуператоров	2а	ТХК-0193	ХК(L)	по месту
		2б	MCR-T	4...20 мА	щит КИП
		2в	КЗМА-Ж	0...600 °С	
5	Давление газа после ГРУ	15а	ДЕ-57	< 9 кПа	по месту
		16а	ДЕ-57	> 11 кПа	
6	Давление газа на печь	7	НМП-100	0...16 кПа	по месту
		9а	Vegabar-17		шкаф датчиков
		9б	КЗМА-Ж		щит КИП
7	Расход газа на печь	5а	ДБС 0,6-150	0...4 кПа	по месту
		5б	Метран-100-ДД		шкаф датчиков
		3з	Sirec L (3 канал)	0...300 м ³ /ч	щит КИП
8	Давление газа на горелки	13	НМП-100	0...25 кПа	по месту
		11а	ДЕ-57	< 4,5 кПа	шкаф датчиков
9	Температура в печи	3а	ТХА-0193	ХА(К)	по месту
		3б	MCR-T	4...20 мА	щит КИП
		3з	Sirec L (1 канал)	0...1100 °С	
10	Температура дыма на рекуператор	1а	ТХА-0193	ХА(К)	по месту
		1б	MCR-T	4...20 мА	щит КИП
		1в	КЗМА-Ж	0...1100 °С	

Д) Давление газа после ГРУ.

Для сигнализации изменения давления газа после ГРУ сверх разрешенного диапазона на газопроводе печи установлены два сигнализатора ДЕ-57 (поз.15а, 16а). При уменьшении давления газа после ГРУ меньше 9 кПа замыкается контакт поз.15а, а при увеличении выше 11 кПа – контакт

Phoenix Contact. Диапазон преобразования 0...1100 °С. Выходной токовый сигнал 4...20 мА, пропорциональный температуре, последовательно подается на слот №1 регулятора температуры Sipart DR-19 фирмы Siemens (поз.3в) и первый канал трехканального бумажного регистратора Sires L фирмы Siemens (поз.3з). Диапазон шкалы регистратора – 0...1100 °С.

К) Температура дыма в рекуператоре.

Измерение температуры дымовых газов на рекуператоры осуществляется в борове газохода термоэлектрическим преобразователем поз.1а градуировки ХА(К). Сигнал с датчика подается на программируемый нормирующий преобразователь поз.1б MCR-T фирмы Phoenix Contact. Диапазон преобразования 0...1100 °С. Выходной токовый сигнал 4...20 мА, пропорциональный температуре, поступает на цифровой измеритель КЗМА-J фирмы Omron (поз.1в). Диапазон индикации измерителя – 0...1100 (°С). Для сигнализации превышения температуры выше 900 °С использован контакт реле измерителя, замыкающийся при превышении заданного значения. Контакт включен в схему сигнализации.

2.4 Система сигнализации и отсечки

Для обеспечения безопасной работы печи прокаливания ферросплавов и защиты от аварийных режимов в системе управления печи предусмотрена система сигнализации и отсечки.

На печи контролируются следующие параметры (таблица 2.2).

При понижении давления газа или воздуха до пределов указанных в таблице происходит отсечка газа. Срабатывание отсечного клапана КПЭГ-100П (поз.10б) происходит снятием напряжения с его электромагнита. Отсечку газа также можно выполнить вручную со щита КИП (кнопка SB4) или непосредственно возле печи (кнопка SB5).

Кроме того, схема сигнализации позволяет проверить исправность сигнальных ламп и звукового сигнала. Для чего имеются кнопки SB2 – опробование схемы и SB1 – снятие звукового сигнала.

Логика работы схемы построена следующим образом:

При наступлении одной или нескольких аварийных ситуаций (согласно выше приведенному списку) одновременно – зажгутся соответствующие сигнальные лампы и зазвонит звонок. После нажатия кнопки SB1 (снятие

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет электродвигателя привода тележки выкатной подины

Основным требованием при выборе электродвигателя является его соответствие условиям технологического процесса рабочей машины.

Исходные данные:

Масса тележки выкатной подины вместе с ферросплавами $m = 23850$ кг. Рабочий механизм приводится во вращение асинхронным двигателем через редуктор с передаточным числом $i = 10$ и КПД $\eta = 0,93$. Время работы механизма $t_{\text{раб}} = 46$ с., продолжительности разгона и торможения не превышает величин $t_p = 2$ с., $t_T = 1$ с.

Рассчитаем момент сопротивления механизма по формуле

$$M_c = k_1 \cdot G \cdot (k_2 \cdot r + k_3) / (i \cdot \eta), \quad (3.1)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления движению из-за трения реборд ходовых колес о рельсы ($k_1 = 1,8 \div 2,5$);

G – сила тяжести перемещаемой массы, Н;

k_2 – коэффициент трения в опорах ходовых колес ($k_2 = 0,025 \div 0,015$);

r – радиус шейки оси ходового колеса, м ($r = 0,04$ м);

k_3 – коэффициент трения качения ходовых колес по рельсам ($k_3 = (5 \dots 12) \cdot 10^4$);

i – передаточное число механической передачи;

η – КПД механической передачи.

$$G = m \cdot g \quad (3.2)$$

$$G = 23850 \cdot 9,81 = 233968,5 \text{ Н}$$

По формуле 3.1 имеем

$$M_c = 2,1 \cdot 233968,5 \cdot (0,02 \cdot 0,04 + 0,0008) / (10 \cdot 0,93) = 84,53 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ориентировочно определяем расчетный момент двигателя

$$M_{\text{расч}} \geq k_3 \cdot M_{\text{с.э}}, \quad (3.3)$$

где k_3 – коэффициент запаса, учитывающий динамические режимы электродвигателя, когда он работает с повышенными токами и моментами ($k_3 = 1,1 \div 1,3$);

$M_{\text{с.э}}$ – эквивалентный момент нагрузки, Н·м (в нашем случае $M_{\text{с.э}} = M_c$).

$$M_{\text{расч}} = 1,2 \cdot 84,53 = 101,44 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ				

Определяем расчетную мощность двигателя

$$P_{\text{расч}} = M_{\text{расч}} \cdot \omega_{\text{расч}}, \quad (3.4)$$

где $\omega_{\text{расч}}$ – расчетная скорость электродвигателя, рад/с

$$\omega_{\text{расч}} = 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{расч}} / 60, \quad (3.5)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетная скорость вращения электродвигателя, об/мин

$$n_{\text{расч}} = n_{\text{р.м.}} \cdot i, \quad (3.6)$$

где $n_{\text{р.м.}}$ – скорость вращения механической передачи ($n_{\text{р.м.}} = 95$ об/мин)

$$n_{\text{расч}} = 95 \cdot 10 = 950 \text{ об/мин.}$$

По формуле 3.5 имеем

$$\omega_{\text{расч}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 950 / 60 = 99,43 \text{ рад/с.}$$

По формуле 3.4 имеем

$$P_{\text{расч}} = 101,44 \cdot 99,43 = 10086 \text{ Вт.}$$

Так как наш электропривод работает кратковременно с большими перерывами в работе, выбираем асинхронный двигатель 4А 160 S6 У3

$P_{\text{н}} = 11$ кВт, $n_{\text{н}} = 975$ мин⁻¹, $U_{\text{н}} = 380$ В, $f = 50$ Гц, $M_{\text{н}} = 107,74$ Н·м, $\eta_{\text{н}} = 86$ %.

Выбранный двигатель проверяем по перегрузочной способности и нагреву. Для этого определяем эквивалентный момент

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_{\text{дин.р}}^2 \cdot t_{\text{р}} + M_{\text{расч}}^2 \cdot t_{\text{у}} + M_{\text{дин.т}}^2 \cdot t_{\text{т}}}{t_{\text{раб}}}}, \quad (3.7)$$

где $M_{\text{дин}}$ – динамический момент, Н·м. Определяется суммарным приведенным моментом инерции J , и ускорениями на участке разгона и замедлением на участке торможения ($J = 0,97$ кг·м²);

$t_{\text{у}}$ = время устойчивой работы ($t_{\text{у}} = t_{\text{раб}} - t_{\text{р}} - t_{\text{т}} = 43$ с).

Определяем динамические моменты при разгоне и торможении

$$M_{\text{дин.р}} = J \cdot (\omega_{\text{н}}/t_{\text{р}}), \quad (3.8)$$

$$M_{\text{дин.т}} = -J \cdot (\omega_{\text{н}}/t_{\text{т}}), \quad (3.9)$$

где J – момент инерции механизма ($J = 0,97$ кг·м²);

$\omega_{\text{н}}$ – номинальная скорость вращения электродвигателя, рад/с.

Для определения номинальной скорости вращения двигателя воспользуемся формулой (3.5)

$$\omega_{\text{н}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 975 / 60 = 102,05 \text{ рад/с.}$$

По формуле 3.8 имеем

$$M_{\text{дин.р}} = 0,97 \cdot (102,05/2) = 49,5 \text{ Н·м.}$$

По формуле 3.9 имеем

$$M_{\text{дин.т}} = -0,97 \cdot (102,05/1) = -98,99 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

По формуле 3.7 имеем

$$M_3 = \sqrt{\frac{49,5^2 \cdot 2 + 101,44^2 \cdot 43 + (-98,99)^2 \cdot 1}{46}} = 99,69 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

При правильном выборе электродвигателя по перегрузочной способности и нагреву должно соблюдаться следующее условие

$$M_n \geq M_3 \quad (3.10)$$

По условию (3.10) двигатель выбран правильно, т. к.

$$107,74 \text{ Н}\cdot\text{м} > 99,69 \text{ Н}\cdot\text{м} / 8; 11; 16/.$$

3.2 Расчет электроснабжения помещения вентиляционных устройств

В процессе подготовки ферросплавов образуется аспирационная пыль, которую необходимо удалять из воздуха помещения участка.

Исходные данные потребителей сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Наименование потребителя	n	P _н , кВт	P _з , кВт	k _ц	cos φ	tg φ
1 Двигатель аспирационной системы	8	55	440	0,7	0,85	0,62
2 Приточный и вытяжной двигателя	2	5,5	11	0,65	0,8	0,75
3 Двигатель рукавного фильтра	9	4	36	0,6	0,7	1
4 Двигатель аспирационной системы	1	10	10	0,75	0,85	0,62
5 Вытяжной двигатель	1	7,5	7,5	0,65	0,8	0,75
6 Приточный двигатель	1	45	45	0,75	0,85	0,62
7 Кран-балка	1	13,5	13,5	0,06	0,5	1,73
8 Щит освещения	2	17	34	0,85	1	0

$$\cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1, \quad (3.11)$$

$$\sin^2\varphi = 1 - \cos^2\varphi,$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}, \quad (3.12)$$

Рассчитаем сменную активную мощность потребителей

$$P_{\text{см}} = k_u \cdot P_z, \quad (3.13)$$

$$P_{\text{см1}} = 0,7 \cdot 440 = 308 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см2}} = 0,65 \cdot 11 = 7,15 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см3}} = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см4}} = 0,75 \cdot 10 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см5}} = 0,65 \cdot 7,5 = 4,875 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см6}} = 0,75 \cdot 45 = 33,75 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см7}} = 0,06 \cdot 13,5 = 0,81 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см8}} = 0,85 \cdot 34 = 28,9 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем сменную реактивную мощность потребителей

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{см1}} = 308 \cdot 0,62 = 190,96 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см2}} = 7,15 \cdot 0,75 = 5,36 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см3}} = 21,6 \cdot 1 = 21,6 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см4}} = 7,5 \cdot 0,62 = 4,65 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см5}} = 4,875 \cdot 0,75 = 3,656 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см6}} = 33,75 \cdot 0,62 = 20,925 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см7}} = 0,81 \cdot 1,73 = 1,4 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{см8}} = 28,9 \cdot 0 = 0 \text{ кВАр}.$$

Рассчитаем сменную полную мощность потребителей

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}, \quad (3.15)$$

$$S_{\text{см1}} = \sqrt{308^2 + 190,96^2} = 362,4 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см2}} = \sqrt{7,15^2 + 5,36^2} = 8,94 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см3}} = \sqrt{21,6^2 + 21,6^2} = 30,55 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см4}} = \sqrt{7,5^2 + 4,65^2} = 8,83 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см5}} = \sqrt{4,875^2 + 3,656^2} = 6,09 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см6}} = \sqrt{33,75^2 + 20,925^2} = 39,71 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{см7}} = \sqrt{0,81^2 + 1,4^2} = 1,62 \text{ кВА};$$

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$S_{см8} = \sqrt{28,9^2 + 0^2} = 28,9 \text{ кВА.}$$

Рассчитаем общую потребляемую мощность

$$S_{общ} = \sum S_{см}, \quad (3.16)$$

$$S_{общ} = 362,4 + 8,94 + 30,55 + 8,83 + 6,09 + 39,71 + 1,62 + 28,9 = 487,04 \text{ кВА.}$$

Рассчитаем мощность компенсационного устройства по формуле

$$Q_k = P_{ср. год} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad (3.17)$$

где $P_{ср. год} = \frac{W_{а.год}}{T_{вкл}}$ – средняя активная мощность в год;

$W_{а. год} = W_a \cdot T \cdot t$ – годовые показания счетчика электрической энергии, кВт·ч;

$T_{вкл} = T \cdot t_{вкл}$ – время работы потребителей в год, ч;

$$W_{а. год} = 950 \cdot 264 \cdot 24 = 6019200 \text{ кВт·ч;}$$

$$T_{вкл} = 264 \cdot 6 = 1584 \text{ ч;}$$

$$P_{ср. год} = 6019200 / 1584 = 3800 \text{ кВт.}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{0,62+0,75+1+0,62+0,75+0,62+1,73+0}{8} = 0,76;$$

$$Q_k = 3800 \cdot (0,76 - 0,36) = 1520 \text{ кВА.}$$

Берем 5 КУ типа УКБ-0,38/300 УЗ.

Данные трансформаторов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Данные силовых трансформаторов

Марка	Номинальная мощность, кВА	Сочетание напряжений, кВ		Потери		U _к , %	I _х , %
		ВН	НН	P _х	P _к		
ТМ-630/10 У1	630	6; 10	0,4; 0,69	1,56	7,60	5,5	2,0
ТМФ-630/10 У1	630	6; 10	0,4; 0,69				

Определяем коэффициент загрузки трансформатора

$$K_3 = \frac{S_{max}}{S_{ном. тр}}, \quad (3.18)$$

$$K_3 = \frac{487,04}{630} = 0,75.$$

$$0,6 \leq K_3 \leq 0,75.$$

Определяем экономически целесообразное сечение кабеля подвода питания

$$S_{эк} = \frac{I_p}{j_3}, \quad (3.19)$$

где $I_p = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_H}$ – расчетный ток линии;

j_3 – экономическая плотность тока ($j_3 = 1,2 \text{ А/мм}^2$ – для кабелей с алюминиевыми жилами).

$$I_{p1} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,374 \text{ А.}$$

$$S_{\text{эк1}} = \frac{36,374}{1,2} = 30,3 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель сечением 35 мм^2 с активным сопротивлением $r_0 = 0,84 \text{ Ом/км}$, индуктивным сопротивлением $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$.

Для расчета токов короткого замыкания необходимо определить относительное сопротивление элементов схемы

$$X_{*1} = \frac{X_0 \cdot l \cdot S_{\delta}}{U_{\delta 1}^2}, \quad (3.20)$$

где X_0 – индуктивное сопротивление элементов схемы, Ом/км;

l – протяженность кабельной линии, м;

S_{δ} – мощность потребителя;

$U_{\delta 1}$ – напряжение.

$$X_{*2} = \frac{U_K}{100\%} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{НОМ.ТР}}}, \quad (3.21)$$

$$X_{*к1} = X_{*1}; \quad X_{*к2} = X_{*1} + X_{*2};$$

$$X_{*3} = X_0 \cdot l_3;$$

$$X_{*к3} = X_{*к2} + X_{*3};$$

$$X_{*4} = X_0 \cdot l_4;$$

$$X_{*к4} = X_{*к2} + X_{*4}.$$

Расстояние от ТП-6 до ТП-5 $l_1 = 198 \text{ м}$, от ТП-5 до РУ-0,4 кВ $l_2 = 527 \text{ м}$.
Общая длина линии $l_{1+2} = 725 \text{ м}$. Расстояние от РУ-0,4 кВ до ОЦВ-1 и ОЦВ-2 $l_3 = 14,85 \text{ м}$. Расстояние от РУ-0,4 кВ до ЩУ-1, ЩУ-2, ЩУ-3, ЩУ-4 и ЩУ-5 $l_4 = 10 \text{ м}$.

$S_{\delta} = 100 \text{ МВА}$; $U_{\delta 1} = 10 \text{ кВ}$; $U_{\delta 2} = 0,4 \text{ кВ}$.

Определяем токи короткого замыкания

$$I_n = \frac{I_{\delta}}{X_{*к}}. \quad (3.22)$$

Предварительно определяем базисные токи

$$I_{\delta 1} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,77 \text{ кА};$$

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

$$I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,9 \text{ кА.}$$

$$X_{*1} = \frac{0,095 \cdot 0,725 \cdot 100}{10^2} = 0,068875;$$

$$X_{*2} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{100}{630} = 0,0087;$$

$$X_{*k1} = X_{*1} = 0,068875;$$

$$X_{*k2} = X_{*1} + X_{*2} = 0,068875 + 0,0087 = 0,0776.$$

Определяем ток к. з.

$$I_{n1} = \frac{5,77}{0,068875} = 83,77 \text{ кА};$$

$$I_{n2} = \frac{144,9}{0,0776} = 1867,9 \text{ кА.}$$

Проверяем выбранный кабель на термическую стойкость к токам к. з.

$$S_{\min} = \frac{I_n \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{C_T}, \quad (3.23)$$

где $t_{\text{пр}}$ – приведенное время действия тока к. з. ($t_{\text{пр}} = t_3 + t_b = 1,32 \text{ с.}$);

C_T – коэффициент, соответствующий разности выделенного тепла в проводнике после и до короткого замыкания ($C_T = 95$ – для кабелей с алюминиевыми жилами и для алюминиевых шин).

$$S_{\min 1} = \frac{83,77 \cdot \sqrt{1,32}}{95} = 1,01 \text{ мм}^2.$$

Кабель по термической устойчивости к токам к. з. выбран верно.

Проверка на потерю напряжения

$$\Delta U = \frac{I_p \cdot l}{1000} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (3.24)$$

$$\Delta U\% = \frac{I_p \cdot l}{10 \cdot U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi). \quad (3.25)$$

$$\cos \varphi = \frac{\sum \cos \varphi}{n},$$

$$\cos \varphi = \frac{0,85 + 0,8 + 0,7 + 0,85 + 0,8 + 0,85 + 0,5 + 1}{8} = 0,79.$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi},$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,79^2} = 0,61.$$

$$\Delta U = \frac{36,374 \cdot 725}{1000} \cdot (0,84 \cdot 0,79 + 0,095 \cdot 0,61) = 19 \text{ В};$$

$$\Delta U\% = \frac{36,374 \cdot 725}{10 \cdot 10000} \cdot (0,84 \cdot 0,79 + 0,095 \cdot 0,61) = 0,19 \text{ \%}.$$

$$I_{p2} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}},$$

$$I_{p2} = \frac{487,04}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 703 \text{ А.}$$

$$S_{\text{эк2}} = \frac{703}{1,2} = 585,8 \text{ мм}^2.$$

Выбираем алюминиевую шину сечением $15 \times 3 \text{ мм}^2$.

Рассчитываем экономическое сечение кабеля на НН от РУ-0,4 кВ до ЩУ 1

$$P_{\text{смЩУ-1}} = 0,7 \cdot 110 = 77 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{смЩУ-1}} = 77 \cdot 0,62 = 47,74 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{смЩУ-1}} = \sqrt{77^2 + 47,74^2} = 90,598 \text{ кВА.}$$

$$I_{p3} = \frac{S_{\text{смЩУ1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}},$$

$$I_{p3} = \frac{90,598}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 130,77 \text{ А.}$$

$$S_{\text{эк3}} = \frac{130,77}{1,2} = 108,97 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель АВВБГ $3 \times 120 + 1 \times 35 \text{ мм}^2$: $r_0 = 0,2450$, $x_0 = 0,070$.

Рассчитываем ток короткого замыкания в точке К3 ($I_3 = 14,85 \text{ м}$).

$$X_{*3} = 0,07 \cdot 0,01485 = 0,001;$$

$$X_{*к3} = 0,0776 + 0,001 = 0,0786.$$

$$I_{n3} = \frac{144,9}{0,0786} = 1843,5 \text{ кА.}$$

Проверяем кабель на термическую устойчивость к токам к. з.

$$t_{пр3} = 0,5 \text{ с.}$$

$$S_{\min 3} = \frac{1843,5 \cdot \sqrt{0,5}}{95} = 13,58 \text{ мм}^2.$$

Кабель по термической устойчивости к токам к. з. выбран верно.

Проверяем кабель на потерю напряжения

$$\cos \varphi = 0,85; \sin \varphi = 0,53$$

$$\Delta U_3 = \frac{130,77 \cdot 14,85}{1000} \cdot (0,2450 \cdot 0,85 + 0,070 \cdot 0,53) = 0,46 \text{ В};$$

$$\Delta U_3 \% = \frac{130,77 \cdot 14,85}{10 \cdot 400} \cdot (0,2450 \cdot 0,85 + 0,070 \cdot 0,53) = 0,115 \text{ \%}.$$

Рассчитываем экономическое сечение кабеля на НН от РУ-0,4 кВ до кран-балки

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

$$I_{p4} = \frac{S_{см7}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}},$$

$$I_{p4} = \frac{1,62}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2,34 \text{ А.}$$

$$S_{эк4} = \frac{2,34}{1,2} = 1,95 \text{ мм}^2.$$

Предварительно выбираем кабель АВВБГ 3×6 мм²: r₀ = 4,9, x₀ = 0,093.
Рассчитываем ток короткого замыкания в точке К4 (l₄ = 10 м).

$$X_{*4} = 0,093 \cdot 0,01 = 0,00093;$$

$$X_{*к4} = 0,0776 + 0,00093 = 0,07853.$$

$$I_{н4} = \frac{144,9}{0,07853} = 1845 \text{ кА.}$$

Проверяем кабель на термическую устойчивость к токам к. з.

$$S_{min4} = \frac{1845 \cdot \sqrt{0,5}}{95} = 13,59 \text{ мм}^2.$$

Кабель по термической устойчивости к токам к. з. выбран не верно.
Выбираем кабель АВВБГ 3×16+1×10 мм²: r₀ = 1,838, x₀ = 0,087.

Проверяем кабель на потерю напряжения

$$\cos \varphi = 0,5; \sin \varphi = 0,866$$

$$\Delta U_4 = \frac{2,34 \cdot 10}{1000} \cdot (1,838 \cdot 0,5 + 0,087 \cdot 0,866) = 0,0233 \text{ В;}$$

$$\Delta U_{4\%} = \frac{2,34 \cdot 10}{10 \cdot 400} \cdot (1,838 \cdot 0,5 + 0,087 \cdot 0,866) = 0,0058 \text{ \%}.$$

Определяем мощность токов к. з.

$$S_{*к} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta} \cdot I_n; \quad (3.26)$$

$$S_{*к1} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 83,77 = 1523,49 \text{ мВА;}$$

$$S_{*к2} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1867,9 = 1294,1 \text{ мВА;}$$

$$S_{*к3} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1843,5 = 1277,2 \text{ мВА;}$$

$$S_{*к4} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1845 = 1278,25 \text{ мВА.}$$

Рассчитываем ударные токи в точках к. з.

$$K_{y1} = 1,8 \text{ (ВН)}, K_{y2} = 1,3 \text{ (НН)}.$$

$$i_y = K_y \cdot I_n, \quad (3.27)$$

$$i_{y1} = 1,8 \cdot 83,77 = 150,79 \text{ А;}$$

$$i_{y2} = 1,3 \cdot 1867,9 = 2428,27 \text{ А;}$$

$$i_{y3} = 1,3 \cdot 1843,5 = 2396,55 \text{ А;}$$

$$i_{y4} = 1,3 \cdot 1845 = 2398,5 \text{ А.}$$

Рассчитываем экономическое сечение кабеля на НН от ЩУ-2 до потребителя №15

$$P_{см} = 0,65 \cdot 5,5 = 3,575 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = 0,75 \cdot 3,575 = 2,68 \text{ кВАр};$$

$$S_{см} = \sqrt{3,575^2 + 2,68^2} = 4,47 \text{ кВА.}$$

$$I_{p5} = \frac{S_{см}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}},$$

$$I_{p5} = \frac{4,47}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 6,452 \text{ А.}$$

$$S_{эк5} = \frac{6,452}{1,2} = 5,38 \text{ мм}^2.$$

Предварительно выбираем кабель АВВГ 3×6 мм²: r₀ = 4,9, x₀ = 0,093.

Рассчитываем ток короткого замыкания в точке К5 (l₅ = 14 м).

$$X_{*5} = x_0 \cdot l_5,$$

$$X_{*5} = 0,093 \cdot 0,014 = 0,0013;$$

$$X_{*к5} = X_{*к3} + X_{*5} + X''d,$$

где X''d = 0,2;

$$X_{*к5} = 0,0786 + 0,0013 + 0,2 = 0,2799.$$

$$I_{n5} = \frac{144,9}{0,2799} = 517,68 \text{ кА.}$$

Проверяем кабель на термическую устойчивость к токам к. з.

$$S_{min5} = \frac{517,68 \cdot \sqrt{0,5}}{95} = 3,85 \text{ мм}^2.$$

Кабель по термической устойчивости к токам к. з. выбран верно.

Определяем мощность тока к. з.

$$S_{*к5} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta 2} \cdot I_{n5};$$

$$S_{*к5} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 517,68 = 358,65 \text{ мВА.}$$

Проверяем кабель на потерю напряжения

$$\cos \varphi = 0,5; \sin \varphi = 0,866$$

$$\Delta U_5 = \frac{6,452 \cdot 14}{1000} \cdot (4,9 \cdot 0,8 + 0,093 \cdot 0,6) = 0,36 \text{ В};$$

$$\Delta U_5\% = \frac{6,452 \cdot 14}{10 \cdot 400} \cdot (4,9 \cdot 0,8 + 0,093 \cdot 0,6) = 0,09 \text{ \%}.$$

Рассчитываем ударный ток в точке к. з.

$$i_{y5} = 1,3 \cdot 517,68 = 672,98 \text{ МА.}$$

Рассчитываем экономическое сечение кабеля на НН от ЩУ-2 до потребителя №14

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ				

$$P_{\text{см}} = 0,7 \cdot 55 = 38,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = 0,62 \cdot 38,5 = 23,87 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{38,5^2 + 23,87^2} = 45,3 \text{ кВА}.$$

$$I_{\text{р6}} = \frac{S_{\text{см}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}},$$

$$I_{\text{р6}} = \frac{45,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 65,39 \text{ А}.$$

$$S_{\text{эк6}} = \frac{65,39}{1,2} = 54,49 \text{ мм}^2.$$

Предварительно выбираем кабель АВВГ 3×70 мм²: $r_0 = 0,42$, $x_0 = 0,072$.
 Рассчитываем ток короткого замыкания в точке К6 ($I_6 = 10 \text{ М}$).

$$X_{*6} = x_0 \cdot I_6,$$

$$X_{*6} = 0,072 \cdot 0,01 = 0,00072;$$

$$X_{*к6} = 0,0786 + 0,00072 + 0,2 = 0,27932.$$

$$I_{\text{н6}} = \frac{144,9}{0,27932} = 518,76 \text{ кА}.$$

Проверяем кабель на термическую устойчивость к токам к. з.

$$S_{\text{min6}} = \frac{518,76 \cdot \sqrt{0,5}}{95} = 3,86 \text{ мм}^2.$$

Кабель по термической устойчивости к токам к. з. выбран верно.

Определяем мощность тока к. з.

$$S_{*к6} = \sqrt{3} \cdot U_{\delta 2} \cdot I_{\text{н6}};$$

$$S_{*к6} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 518,76 = 359,4 \text{ мВА}.$$

Проверяем кабель на потерю напряжения

$$\cos \varphi = 0,85; \sin \varphi = 0,53$$

$$\Delta U_6 = \frac{65,39 \cdot 10}{1000} \cdot (0,42 \cdot 0,85 + 0,072 \cdot 0,53) = 0,26 \text{ В};$$

$$\Delta U_6\% = \frac{65,39 \cdot 10}{10 \cdot 400} \cdot (0,42 \cdot 0,85 + 0,072 \cdot 0,53) = 0,065 \text{ \%}.$$

Рассчитываем ударный ток в точке к. з.

$$i_{\text{у6}} = 1,3 \cdot 518,76 = 674,39 \text{ МА}.$$

Выбор электрооборудования на стороне первичного и вторичного напряжения.

Для защиты от токов к. з. на высокой стороне трансформатора ставится масляный выключатель. Он выбирается по номинальному напряжению, номинальному току, номинальному току отключения и по ударному току.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ				

Выбираем выключатель типа МГУ-10. Составляем сравнительную таблицу расчетных и каталожных данных; при этом все каталожные данные должны быть выше соответствующих расчетных данных.

Таблица 3.3 – Сравнительная таблица выключателя МГУ-10

Расчетные данные	Допустимые данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$
$I_p = 36,374 \text{ А}$	$I_p = 6,3 \text{ кА}$
$I_n = 83,77 \text{ кА}$	$I_n = 90 \text{ кА}$
$i_y = 150,79 \text{ кА}$	$i_y = 300 \text{ кА}$

Выбор разъединителя производится аналогично выбору масляного выключателя. Выбираем разъединитель типа РВО-10/1000. Составляем сравнительную таблицу.

Таблица 3.4 – Сравнительная таблица разъединителя типа РВО-10/1000

Расчетные данные	Допустимые данные
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 36,374 \text{ А}$	$I_p = 1 \text{ кА}$
$I_n = 83,77 \text{ кА}$	$I_n = 90 \text{ кА}$
$i_y = 150,79 \text{ кА}$	$i_y = 200 \text{ кА}$

На низкой стороне трансформатора для ограничения токов к. з. и токовой перегрузки выбираем автоматический выключатель. Выбираем автоматический выключатель типа А 3134.

Таблица 3.5 – Сравнительная таблица автоматического выключателя типа А 3134

Расчетные данные	Допустимые данные
$I_p = 65,39 \text{ А}$	$I_p = 200 \text{ кА}$
$I_n = 518,76 \text{ кА}$	$I_n = 600 \text{ кА}$
$i_y = 674,39 \text{ кА}$	$i_y = 1000 \text{ кА}$

Выбираем рубильник на низкой стороне типа ЯБПВУ-2.

Таблица 3.6 – Сравнительная таблица рубильника типа ЯБПВУ-2

Расчетные данные	Допустимые данные
$I_p = 130,77 \text{ А}$	$I_p = 250 \text{ кА}$
$I_n = 1843,5 \text{ кА}$	$I_n = 2000 \text{ кА}$
$i_y = 2396,55 \text{ кА}$	$i_y = 2500 \text{ кА}$

Расчет релейной защиты силового трансформатора

Основной защитой трансформатора от токов к. з. и перегрузок является токовая отсечка. Для защиты силового трансформатора 10/0,4 принимаем ТО:

Определяем ток к. з. в начальный момент времени

$$I_{к.з \text{ max}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1}, \quad (3.28)$$

где $z_1 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}$ – полное сопротивление;

$$z_1 = \sqrt{0,84^2 + 0,095^2} = 0,845;$$

$$I_{к.з \text{ max}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,845} = 6,83 \text{ кА}.$$

По номинальному току I_{p1} подбираем трансформатор тока типа ТПЛ 10-У3.

Таблица 3.7 – Данные трансформатора тока типа ТПЛ 10-У3

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А		Номинальная предельная кратность	Нагрузка измерительной обмотки $S_{ном}$, ВА
		первичный	вторичный		
ТПЛ 10-У3	10	50	5	5	10

Определяем коэффициент трансформации трансформатора тока

$$K_T = \frac{I_{ном1}}{I_{ном2}}, \quad (3.29)$$

$$K_T = \frac{50}{5} = 10.$$

Управление БУВ-1Т (380 В) ручное, дистанционное (сблокированное с дробилкой)

Емкость бункера, м ³	- 7
Мощность электродвигателя, кВт	- 5,5
Масса, т	- 6,1
5 Электромостовой магнитно-грейферный кран:	
Количество, шт	- 2
Грузоподъемность, т	- 10
6 Рекуператор металлический трубчатый:	
Назначение	- нагрев воздуха
Движение воздуха и дыма	- перекрестно-прямоточное
Температура дыма:	
- перед рекуператором, °С	- 850
- после рекуператора, °С	- 400
Температура нагрева воздуха, °С	- 250
Поверхность нагрева (по воздуху), м ²	- 1,9
Количество секций, шт.	- 2
Сопротивление рекуператора:	
- по дыму, Па	- 10
- по воздуху, Па	- 1150
7 Контейнеры с самооткрывающимся дном (саморазгружающиеся):	
Назначение	- перевозка ферросплавов в отделение непрерывной разливки стали (ОНРС)
Емкость контейнера, м ³	- 2,8
Масса, т	- 1,46

Описание технологических операций по подготовке материалов

1 Материалы, поступающие на участок по подготовке материалов железнодорожным или автомобильным транспортом, выгружают в бункера по видам и маркам. Перепутывание материалов разных видов и марок не допускается.

2 Ферросплавы проходят входной контроль согласно ВТИ-123-М-47-2005.

3 Прокаливание материалов.

3.1 Ферросплавы прокаливают в мульдах, установленных на тележке выкатной подины печи.

3.2 Ферросплавы в мульды загружают с помощью вибрационного питателя ДРО-605 (поочередно) или в поступающей таре (мешках).

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3.3 Загрузку вибрационного питателя бункера выполняют с помощью грейферного крана.

3.4 Температура газовой среды печи 500 °С.

3.5 Время выдержки ферросплавов в печи 6 ч.

3.6 После выдержки ферросплавов в печи выкатывают подину и при помощи крана ферросплавы ссыпают в бункер.

3.7 Из бункера ферросплавы при необходимости (в зависимости от размеров исходного материала) поступают на дробилку.

3.8 Для наполнения технологической тары используют вибрационный питатель, расположенный у печи прокаливания, и промежуточный бункер-дозатор.

Требования к готовой продукции

Подготовленные материалы должны иметь размер кусков не более 60 мм для агрегата ковш печь и не более 100 мм для раскисления и легирования в ковше мартеновского цеха. Не допускается попадание влаги и перемешивание материалов разных видов и марок. Влажность после прокаливания – менее 1%.

Конструкция печи прокаливания ферросплавов

Печь прокаливания – рекуперативная печь, предназначенная для удаления влаги из ферросплавов, разных видов и марок, путем их прокаливания при температуре до 900 °С.

Для этого печь снабжена выкатным подом, на который устанавливаются контейнеры с ферросплавами. Отопление печи осуществляется природным газом из заводской магистрали. Для снижения давления газа на крыше электрощитового помещения печи установлен газораспределительный пункт. Увеличение КПД печи осуществляется подогревом вентиляторного воздуха, подаваемого на горение, в металлическом рекуператоре, нагреваемого дымовыми газами. Нагрев печи обеспечивается пятью газовыми горелками ГСС-60 (поставляемых фирмой «Теска» г. Екатеринбург), смонтированными на левой стороне печи. Управление горелкой осуществляется с местного пульта управления, поставляемого комплектно с горелкой. Пульт позволяет: осуществлять розжиг горелки, в процессе работы контролировать пламя горелки и в случае погасания факела – отсекать горелку от газовой магистрали с выдачей светового сигнала. Подвод питания к пультам горелок осуществляется от щита КИП.

Ведение теплового режима печи автоматическое.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		36

Печь прокаливания ферросплавов состоит из основных сборочных единиц: сварного металлического каркаса, кирпичной кладки, затвора песочного, рекуператора, шиберов дымовых, подины выкатной, механизма выкатки подины, пути рельсового, труб защитных с фланцами.

На печи устанавливаются газовые горелки, термопары для замера температуры в печи, температуры дыма на рекуператор и температуры воздуха после рекуператора, предохранительный запорный клапан, исполнительные механизмы с электрическим приводом типа МЭО, реле давления, трубопроводная арматура.

Печь прокаливания ферросплавов представляет собой параллелепипед с размерами по кладке 6148×3828×3240 мм. Каркас печи металлический, сварной конструкции. Кладку свода, стен печи выполняют из кирпича пенидиатомитового ПД-350 и шамотного кл. Б. При этом предъявляются следующие технические требования:

- 1 Кладку печи производить согласно СНиП III-24-75. “Правила производства и приемки работ. Промышленные печи и кирпичные трубы”;
- 2 Кладку огнеупорного кирпича выполнять по II категории;
- 3 Кладку шамотного кирпича вести вперевязку на растворе из шамотного мертеля марки МШ-39 ГОСТ 6137-97;
- 4 Верхнюю поверхность огнеупорного свода печи покрыть уплотнительной обмазкой толщиной 20 – 30 мм из густого раствора шамотного мертеля крупного помола МШ-31 ГОСТ 6137-80;
- 5 Пятовые балки заложить в кладку свободно, к каркасу не приваривая;
- 6 В местах установки закладных элементов зазоры забить огнеупорной массой.

Выкатная подина представляет собой трехосную тележку с внешними габаритами 6720×2862×2330 мм и общим весом без груза 16350 кг.

Тележка выкатной подины – металлическая рама сварной конструкции, к нижней ее части прикреплены узлы с ходовыми колесами (три пары), на колесах имеются реборды. Для их защиты от воздействия высоких температур предусмотрена по бокам тележки песочница с песком. Песочница тележки совместно с затвором печи (песочный затвор) выполняют функцию герметизации печи. Закатка и выкатка пода – торцевая. На обоих торцах подины установлены стальные стенки с футеровкой из кирпича, которые выполняют функцию затворов печи. Предусмотрена футеровка и в верхней части тележки, поверх листовой стали. Футеровку выполняют сначала из кирпича пенидиатомитового ПД-350, поверх него из шамотного кл. Б. На

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Таблица 3.8 – Технические характеристики печи прокаливания ферросплавов

№ п/п	Наименование	Величина
1	Назначение печи	нагрев ферросплавов
2	Длина по кладке, мм	6148
3	Ширина печи по кладке, мм	3828
4	Высота печи, мм	3750
5	Размер мульды, мм	2500×1600×760
6	Масса мульды, кг	1650
7	Количество мульд, загружаемых в печь, шт	3
8	Масса ферросплавов в одной мульде, кг	2500
9	Способ загрузки и выгрузки мульд	выкатная подина
10	Температура прокали ферросплавов, °С	400 – 850
11	Время нагрева садки, ч	4 – 8
12	Топливо и его теплотворная способность, кДж/м ³	природный газ 34000
13	Тип и количество горелок, шт	ГСС-60 5
14	Номинальный расход газа на горелку, м ³ /ч	60
15	Давление газа перед горелкой, кПа	4,8
16	Номинальный расход воздуха на горелку, м ³ /ч	570
17	Давление воздуха перед горелкой, кПа	3,7
18	Температура воздуха на горение, °С	до 200
19	Тип рекуператора	«Термоблок»
20	Механизм выкатки подины: - редуктор Ц2Ч-160-95-55-1-Ц-У1; - электродвигатель 4А 160 S6 У3, кВт	11
21	Скорость передвижения тележки выкатной подины, м/сек	0,16
22	Ход тележки, мм	7360
23	Вентиляционная установка: - тип вентилятора ВЦ 6-28; - электродвигатель АИР 112 М2 У3, кВт	7,5

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

27.03.04.2018.060.00.ПЗ

Лист

39

Открыть быстродействующий отсечной клапан КПЭГ-100П печи и зафиксировать его в открытом положении. Плавно открывая задвижку продуть газопровод печи через продувочную свечу газом с отбором проб на анализ через пробоотборник, с помощью мыльной эмульсии или газоанализатора. Продувка считается оконченной, если содержание кислорода в двух последовательно взятых пробах не превышает 1% по объему, а сгорание газа в ведре с мыльной эмульсией происходит спокойным желтым пламенем, без хлопков. По окончании продувки продувочные свечи и кран пробоотборника закрыть.

Установить на напоромере давление газа 10 кПа в газопроводе, регулируя дроссельным клапаном.

Розжиг печи начинать с первой горелки. Нажать кнопку пуска „Подача газа в запальную горелку” на щите управления горелкой и удерживать до тех пор, пока не появится устойчивое горение в рабочей горелке. За розжигом горелки наблюдать через специальное смотровое стекло.

Если в результате розжига и настройки горелки произошел отрыв, проскок или погасание пламени, закрыть кран I на газопроводе горелки, провентилировать внутреннее пространство печи, выяснить и устранить причину погасания пламени и повторить розжиг горелки.

Приступать к регулированию работы горелки только при следующих условиях:

- устойчивое горение в горелочном туннеле;
- отсутствие колебания давления газа и воздуха перед горелкой.

При увеличении тепловой мощности горелки следует сначала постепенно увеличить подачу газа, затем воздуха. При уменьшении тепловой мощности горелки, необходимо сначала уменьшить подачу воздуха, затем газа.

По напоромеру, подключенному к крану настройки горелки I выставить давление газа на горелку 8 кПа. По напоромеру, подключенному к крану настройки горелки I выставить давление воздуха на горелку 4 кПа.

Для выполнения графика сушки разжечь III и V горелку печи. За розжигом горелок наблюдать через специальное смотровое стекло.

Если в результате розжига и настройки горелки произошел отрыв, проскок, погасание пламени.

Приступать к регулированию работы. При увеличении тепловой мощности горелки следует сначала постепенно увеличивать подачу газа, затем – воздуха. При уменьшении тепловой мощности горелки необходимо сначала уменьшить подачу воздуха, затем – газа.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

На трех, работающих в номинальном режиме, горелках приступить к сушке футеровки печи.

За первые 6 часов сушки температуру поднимать с 0 °С до 200 °С со скоростью 35 °С/час, контролируя по показаниям приборов. Следующие 5 часов температуру поднимать со скоростью 50 °С/час, далее температуру в печи поднимать со скоростью 10 °С/час до рабочей.

Для поднятия температуры и выполнения графика сушки разжечь горелки II и IV, согласно операциям раздела. При этом горелки разжигать в последовательности, обеспечивающей равномерный нагрев печи по всей длине, выдерживая график сушки.

Отсечной быстродействующий клапан на газопроводе печи включить в действие после достижения устойчивой работы горелок.

Во время сушки и разогрева печи вести постоянное наблюдение за состоянием кладки рабочего пространства печи. При обнаружении какой-либо неисправности прекратить подъем температуры и по возможности устранить неисправность, сделав температурную выдержку. Дальнейший подъем температуры вести со скоростью, не превышающей заданную по графику. Во время сушки и разогрева печи вести журнал фиксируя каждый час показания контрольно-измерительных приборов, отмечая все переключения, случаи отклонения от нормального режима сушки и разогрева.

Розжиг и разогрев печи после текущего ремонта

Розжиг и разогрев печи производить в течении 6-8 часов со скоростью подъема температуры 60-80 °С в час.

После продолжительной остановки печи без ремонта розжиг и разогрев производить 5-6 часов со скоростью подъема температуры до 90 °С в час.

Обслуживание печи во время работы

Во время работы печи следить за:

- показаниями контрольно-измерительных приборов;
- давлением газа и воздуха перед печью и на коллекторах печи в диапазоне 3,5 – 11 кПа (в зависимости от температурного режима);
- температурой среды в печи;
- за работой сигнализации;
- режимом работы горелок.

В конце каждой смены ответственное лицо записывает неисправности печи и докладывает об этом мастеру для их устранения.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

При нормальной работе приборов автоматического регулирования работать на автоматике.

Газ и воздух при регулировании работы горелок необходимо подавать постепенно и только при установившемся давлении. При увеличении тепловой нагрузки на горелку необходимо сначала увеличить подачу газа, затем - воздуха. При уменьшении тепловой нагрузки на горелку сначала необходимо сократить подачу воздуха, затем - газа.

Необходимая температура в печи задается регулятором температуры, необходимое соотношение расходов газ-воздух задается регулятором соотношения. Регулирование тепловой нагрузки печи ведется БРУ газа и БРУ воздуху на печь. Для вывода печи на режим холостого хода необходимо перевести приборы управления печью на ручной режим работы и с помощью БРУ воздуха и БРУ газа печи уменьшить расход воздуха и газа до минимального. При этом давление газа в коллекторе печи должно быть не менее 4,5 кПа. БРУ газа закрывать более чем на 20% запрещается во избежание срабатывания автоматики безопасности. Для более быстрого поднятия температуры в печи закрыть шибер, БРУ газа на печь открыть на 100%.

Автоматика безопасности настроена на срабатывание в следующих случаях:

- снижение давления воздуха перед горелками ниже 3,5 кПа;
- снижение давления газа перед горелками ниже 4,5 кПа.

Автоматика безопасности печи не реже 1 раза в месяц проверяется на срабатывание.

Проверка срабатывания предохранительно-запорного (отсечного) клапана КПЭГ-100П на падение давления газа:

- для имитации аварийной ситуации закрыть задвижку на коллектор печи. При этом срабатывает предохранительный запорный клапан, появляется звуковой сигнал и загорается световая сигнализация;
- открыть задвижку на коллекторе печи, световая сигнализация погаснет;
- взвести предохранительный клапан, разжечь горелки нажимая кнопку пуска „Подача газа в запальную горелку” на щите управления каждой горелкой, кнопку удерживать до тех пор, пока не появится устойчивое горение в рабочей горелке. За розжигом горелок наблюдать через специальное смотровое стекло.

Проверка срабатывания предохранительно-запорного (отсечного) клапана КПЭГ-100П на падение давления воздуха:

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

– закрыть листовую задвижку на печь или отключить вентилятор (для имитации аварийной ситуации). При этом срабатывает предохранительный запорный клапан, появляется звуковой сигнал и загорается световая сигнализация;

– открыть листовую задвижку или включить вентилятор, световая сигнализация гаснет.

– взвести предохранительный клапан, разжечь горелки нажимая кнопку пуска „Подача газа в запальную горелку” на щите управления каждой горелкой, кнопку удерживать до тех пор, пока не появится устойчивое горение в рабочей горелке. За розжигом горелок наблюдать через специальное смотровое стекло.

Обслуживание печи при горячих простоях

Задание и пуск печи в работу, и время пуска указывает мастер участка.

Во время горячих простоев печи сжигание топлива требуется только для поддержания температуры в печи. Необходимо:

– полностью закрыть заслонки и шибер печи, чтобы при небольшом расходе газа в печи было положительное давление;

– уменьшить до минимума подачу в печь газа и воздуха с таким расчетом, чтобы поддерживать в печи достаточно высокую температуру (до 400⁰С).

Плановая остановка печи

Перед остановкой печи предупредить об этом обслуживающий персонал. Работы по остановке печи являются газоопасными и проводятся по наряду-допуску в присутствии представителя газоспасательной службы.

Перед остановкой печи постепенно понизить температуру печи до 400 ⁰С затем отключить подачу газа на печь. Для этого необходимо:

– закрыть краны на газопроводах к горелкам;

– закрыть задвижку на печном коллекторе газа;

– открыть краны на продувочных свечах и на свече безопасности;

– снять кольцо за задвижкой и установить заглушку.

Выключить вентилятор. Закрыть воздушные дроссельные клапана на горелках печи.

Продуть воздухом коллектор печи через продувочные штуцеры с последующим отбором проб воздуха в продуваемом газопроводе на анализ. Продувка считается оконченной, если объемная доля метана в продуваемом газопроводе не превышает 1%.

Аварийная остановка печи

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

Аварийная остановка печи производится в следующих случаях:

- при аварийном отключении электроэнергии;
- при падении давления газа в коллекторе ниже 4,5 кПа;
- при остановке вентилятора;
- при обнаружении утечек газа;
- при пожаре или угрозе пожара.

При возникновении аварийной ситуации немедленно закрыть предохранительный запорный клапан на печи и приступить к остановке печи.

При понижении давления воздуха или газа, ниже установленных пределов, автоматически срабатывают предохранительный запорный клапан на коллекторе печи, звуковая и световая сигнализация. Необходимо:

- закрыть краны перед горелками печи;
- выяснить причину падения давления воздуха или газа;
- принять меры к устранению неисправности;
- разжечь печь.

При обрушении кладки печи:

- закрыть отсечной клапан КПЭГ-100П на коллекторе печи;
- закрыть краны перед горелками;
- закрыть задвижку на газопроводе печи;
- произвести остановку.

Обслуживание горелок

За работой горелок должно быть установлено постоянное наблюдение обслуживающего персонала.

Во время текущих ремонтов производится внешний осмотр горелок, очистка их от грязи, пыли, а при необходимости – разборка и ревизия горелок.

Во время капитального ремонта производится снятие горелок с печи, их ревизия, чистка от грязи, пыли, копоти.

Техническое обслуживание систем автоматики печи

Периодически не реже одного раза в месяц необходимо:

- очищать коммутирующую электроаппаратуру от пыли обдувкой сухим и чистым сжатым воздухом;
- производить проверку состояния неподвижных контактных зажимов и надежно поджимать подводящие провода;
- проверять состояние изоляции проводов и кабелей.

Периодически не реже одного раза в 6 месяцев необходимо:

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

– производить проверку на четкость срабатывания подвижных контактов электроаппаратуры, при этом места контактных соединений со следами подгораний и окислений зачищать;

– изоляционные детали также должны быть зачищены от копоти и пыли.

Техническое обслуживание приборов КИП производить согласно их инструкциям по эксплуатации.

3.5 Компоновка щита КИП

Вся электроаппаратура управления, сигнализации и приборы контроля размещаются на щите КИП, который устанавливается в электропомещении, находящимся рядом с печью.

Щит КИП представляет собой шкаф фирмы «Rittal» размером 2000×600×600. Внутри щита КИП на задней панели и боковых стенках размещены автоматы и блоки питания измерительных цепей систем измерения сигнализации и регулирования, преобразователи нормирующие для термопар, электронные реверсивные пускатели для исполнительных механизмов, трансформатор для питания блоков ручного управления, реле схемы сигнализации, трансформатор, предохранитель и розетка для электроинструмента а также кабельканалы и клеммники.

Регуляторы температуры и соотношения, измерители процессов, трехканальный регистратор, блоки ручного управления, коммутационная и светосигнальная арматура смонтированы на двери шкафа.

3.6 Выбор контрольно-измерительных приборов

Для автоматизации системы управления технологическим процессом печи прокаливания ферросплавов выбираем следующие контрольно-измерительные приборы:

- в качестве датчиков предельного давления используем реле давления ДЕ-57;

- для измерения давления газа и воздуха перед печью используем датчики Vegabar-17 фирмы VEGA и работающие с ними в комплекте цифровые измерители КЗМА-J фирмы Omron;

- для визуального контроля давления по месту предусматриваем напоромеры типа НМП-100-М1;

- для измерения расхода газа на печь используем комплект переменного перепада давления, состоящего из бескамерной диафрагмы ДБС 0,6-150,

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

установленной на газопроводе, и датчика разности давления Метран-100-ДД, и работающий с ним в комплекте трехканальный бумажный регистратор Sires L фирмы Siemens (третий канал);

- для измерения расхода воздуха на печь используем комплект переменного перепада давления, состоящего из бескамерной диафрагмы ДБС 0,6-350, установленной на воздухопроводе, и датчика разности давления Метран-100-ДД, и работающий с ним в комплекте трехканальный бумажный регистратор Sires L (второй канал);

- в качестве датчика измерения температуры в печи используем хромель-алюмелевый термоэлектрический преобразователь ТХА и работающий с ним трехканальный бумажный регистратор Sires L (первый канал);

- в качестве датчика измерения температуры воздуха после рекуператора в общем воздушном коллекторе перед горелками используем хромель-копелевый термоэлектрический преобразователь ТХК и работающий с ним в комплекте цифровой измеритель КЗМА-Ж фирмы Omron;

- в качестве датчика измерения температуры дымовых газов на рекуператор в борове газохода используем хромель-алюмелевый термоэлектрический преобразователь ТХА и работающий с ним в комплекте цифровой измеритель КЗМА-Ж фирмы Omron;

В разработанной схеме автоматического управления предлагается использовать исполнительные механизмы с электрическим приводом типа МЭО.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

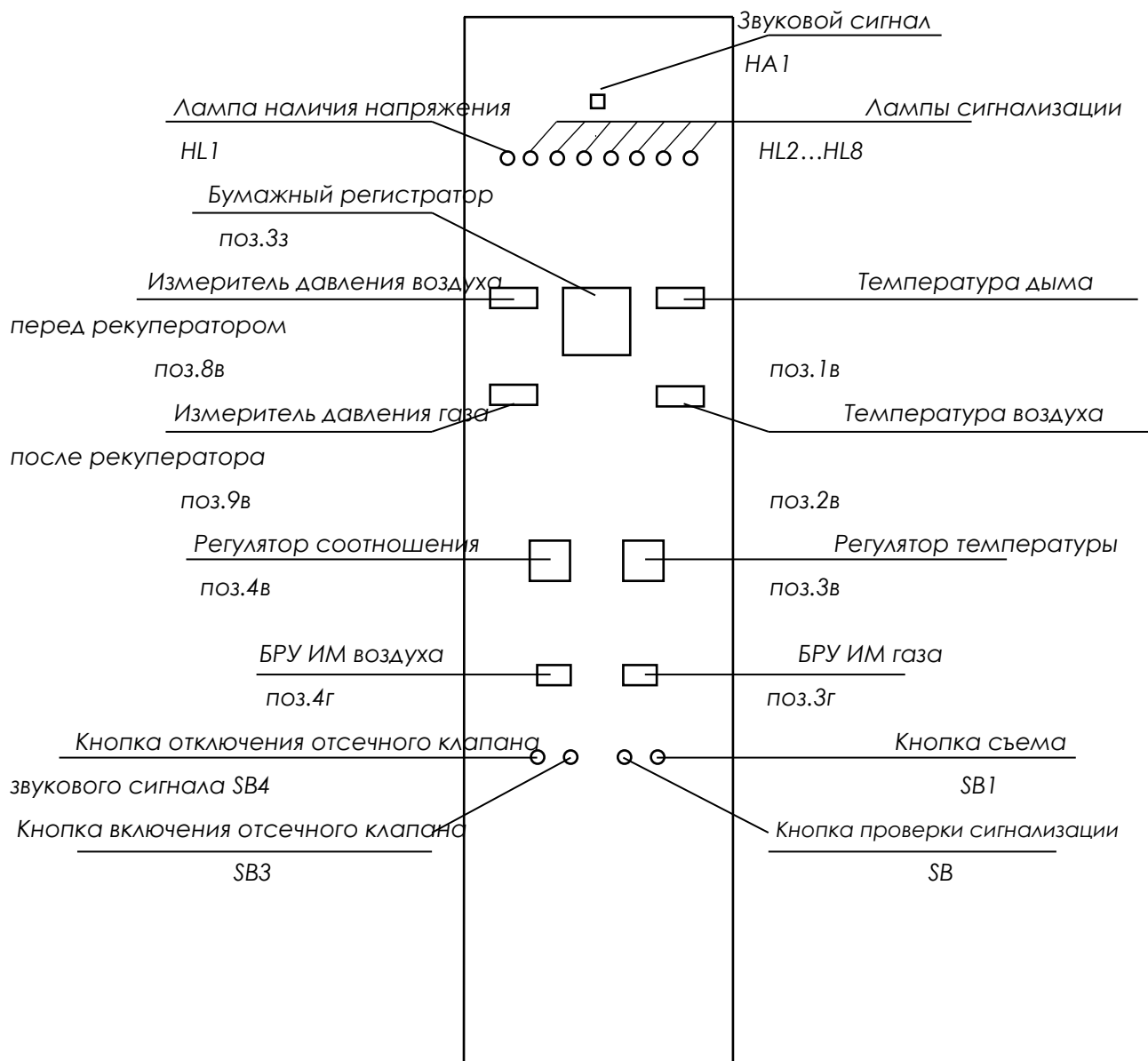


Рисунок 3.1 Органы управления и сигнализации щита КИП печи прокаливания ферросплавов

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

27.03.04.2018.060.00.ПЗ

Лист

48

4 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Разработка алгоритма

В качестве программы разработаем алгоритм работы системы управления печью прокаливания ферросплавов, которая обеспечивает работу механизма загрузки, поддержание режима прокаливания и выгрузки материалов из печи.

Начальным условием является выкаченная тележка выкатного пода.

Включаем кнопку пусковую “Тележку вкатить”, подается питание на электродвигатель привода тележки.

Если тележка вкатилась, то электродвигатель привода тележки отключается и осуществляется перевод управления печью в автоматический (рабочий) режим, задается выдержка времени садки (прокаливание 6 часов), если не вкатилась – печь в автоматический режим работы не переводится.

При переводе управления печью в автоматический (рабочий) режим и задания выдержки времени садки (прокаливание 6 часов) должны соблюдаться следующие условия:

- температура в печи соответствует заданной;
- соотношение расходов газ-воздух соответствует заданному.

Если температура в печи не соответствует заданной, то включается система регулирования подачи газа.

Если соотношение расходов газ-воздух не соответствует заданному, то включается система регулирования соотношения расходов газ-воздух.

Если в процессе прокаливания параметры работы печи не соответствуют заданным, то включаются система регулирования подачи газа и система регулирования соотношения расходов газ-воздух.

Если в процессе прокаливания параметры работы печи соответствуют заданным, то выдерживается времени садки (прокаливания) в течении 6 часов.

После того как время садки (прокаливания) истекло, переводим управление печью в ручной режим, затем включаем кнопку пусковую “Тележку выкатить”, подается питание на электродвигатель привода тележки.

Если тележка выкатилась, то электродвигатель привода тележки отключится.

На рисунке 4.1 представлен алгоритм работы системы управления печью прокаливания ферросплавов.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

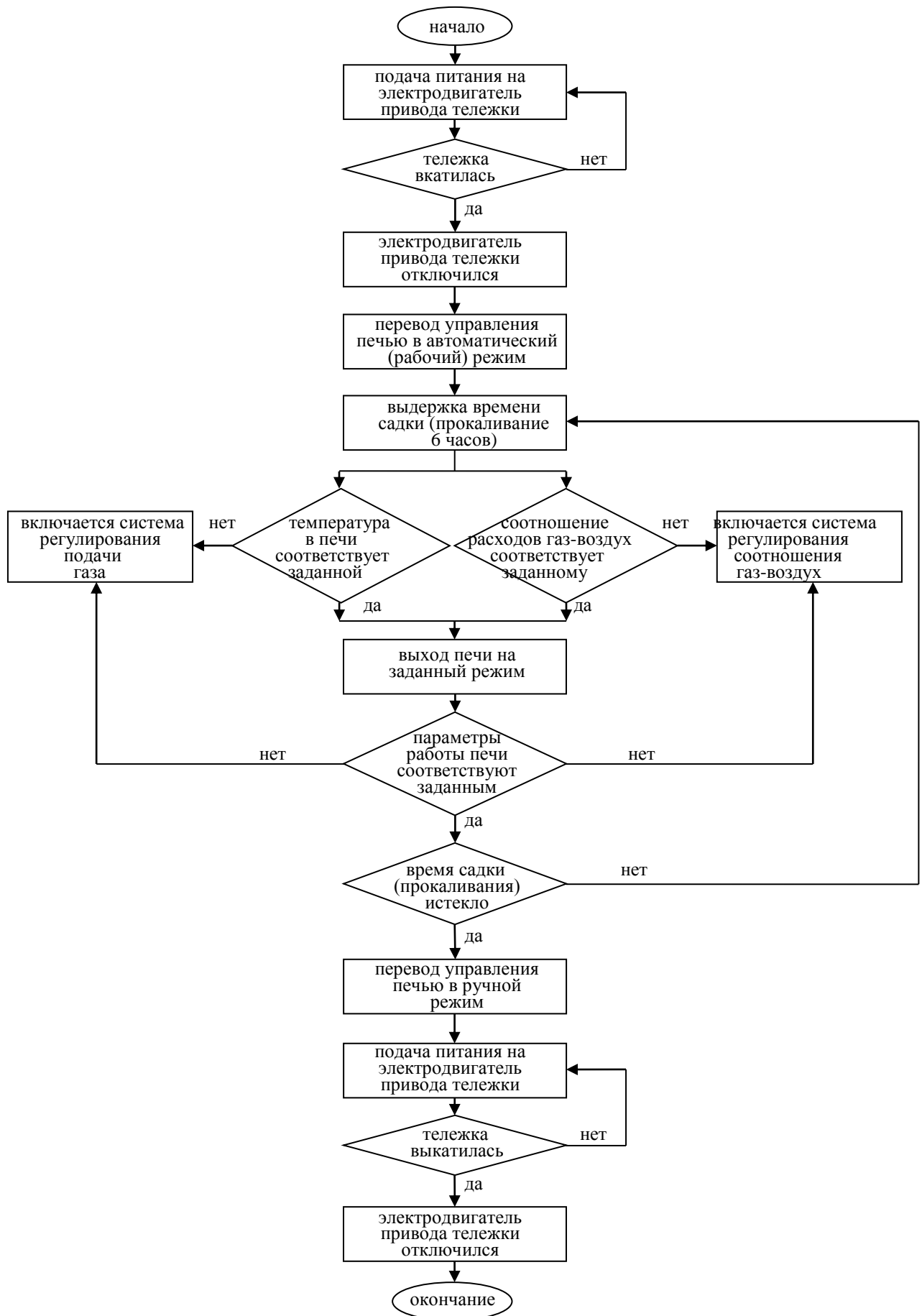


Рисунок 4.1 – Алгоритм работы системы автоматического управления печи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2018.060.00.ПЗ

Лист

50

4.2 Настройка регуляторов Sipart DR 19

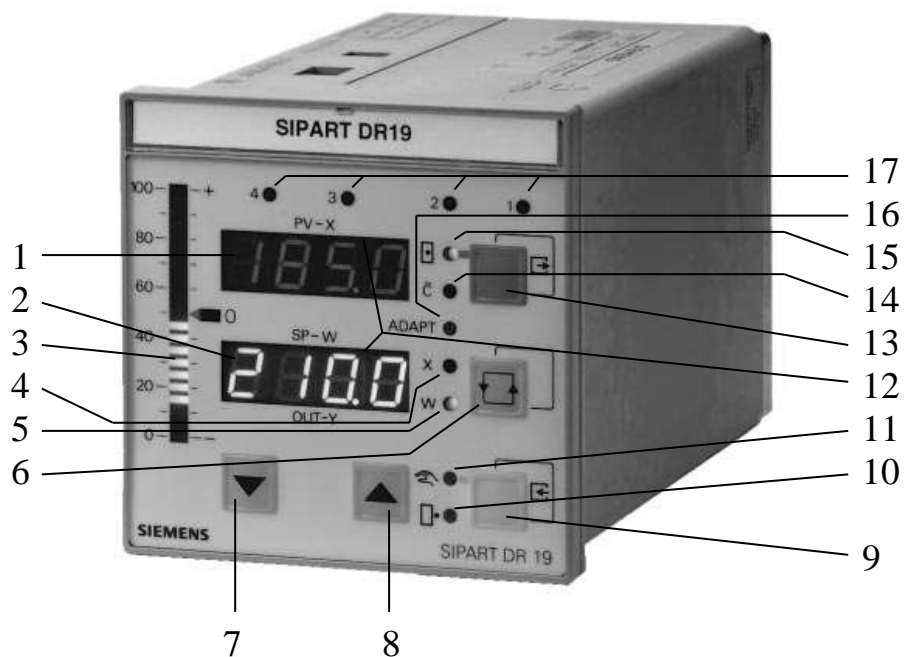


Рисунок 4.2 – Управление и индикация

Индикатор фактической и заданной величин

1 Цифровой индикатор “PV-X” для значения фактической величины x (pv);

2 Цифровой индикатор “SP-W” для значения фактической величины w (sp) или выходной переменной y (out). Также возможны другие переменные;

3 Аналоговый индикатор для e (xd) или $-e$ (xw). Также возможны другие переменные;

4 Сигнальная лампа “x” – сигнализирует об отображаемой переменной;

5 Сигнальная лампа “w” – горит, когда на цифровом индикаторе “SP-W” (2) отображается заданная величина;

6 Кнопка переключения для цифрового индикатора “SP-W” (2) и корректируется кнопками (7, 8); кнопка подтверждения сигнализации возврата питания; а также для доступа на уровень выбора настроек.

Изменение управляющего воздействия

7 Клавиша изменения переменной – ЗАКРЫТЬ (ОТКРЫТЬ) или кнопка уменьшения заданной величины;

8 Клавиша изменения переменной – ОТКРЫТЬ (ЗАКРЫТЬ) или кнопка увеличения заданной величины;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2018.060.00.ПЗ

Лист

51

9 Кнопка переключения с ручного на автоматический режим или кнопка перехода с уровня выбора на уровень конфигурации;

10 Сигнальная лампа для u - внешней величины;

11 Сигнальная лампа для ручного режима;

12 Сигнальная лампа Δu для шагового регулятора.

Изменение заданного значения

13 Кнопка переключения между внутренним и внешним заданием или кнопка из уровней конфигурирования и выбора в уровень обслуживания процесса;

14 Сигнальная лампа – компьютер выключен;

15 Сигнальная лампа внутреннего заданного значения.

Прочие сигналы

16 Сигнальная лампа осуществления метода адаптации;

17 Сигнальные лампы превышения уставок. Также возможны другие сигналы.

Конструктивно расположение входов/выходов представлено на рисунке 4.3.

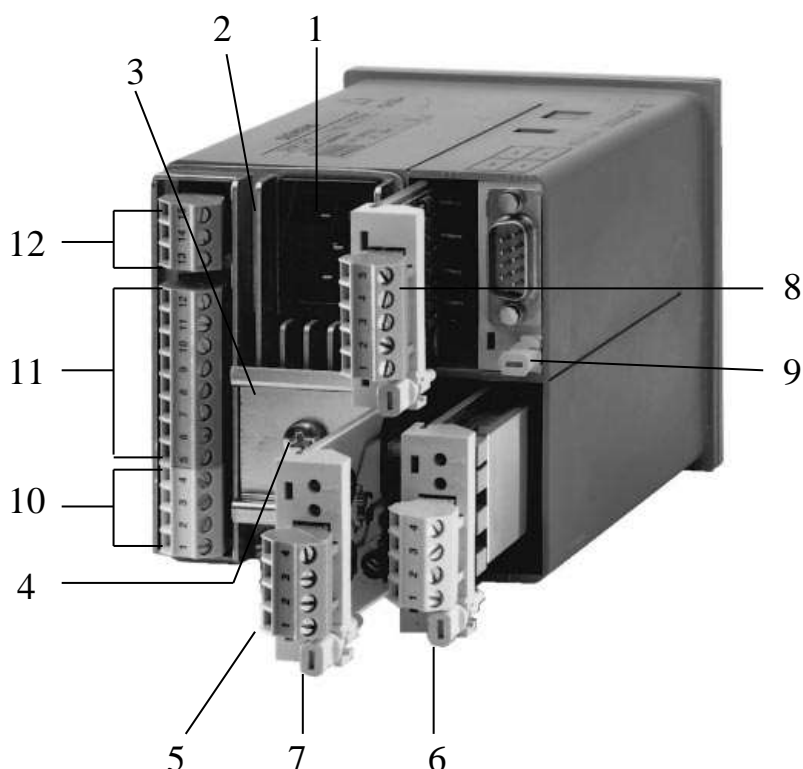


Рисунок 4.3 – Назначение разъемов и слотов регулятора Sipart DR 19

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2018.060.00.ПЗ

Путем расстановки структурных переключателей можно сконфигурировать регулятор для решения практически любых задач применения.

В базовой комплектации регулятор имеет в своем составе один аналоговый вход AI1; один аналоговый выход AO; два дискретных входа DI; четыре дискретных выхода DO1, DO2, -Δy/ +Δy и питание для внешних цепей L+. Кроме того, регулятор имеет возможность наращивания как аналоговых, так и дискретных входов/выходов. Для этого предназначены 4 слота расширения Slot1 ... Slot4. Slot1, Slot2 используются для модулей аналогового ввода – например 6DR2800-8J. Slot3 предназначен для дополнительных модулей дискретного входа/выхода. Slot4 используется для установки модуля связи контроллера с “верхним” уровнем через последовательный интерфейс, либо PROFIBUS.

При работе с регулятором различают три уровня:

1 – Уровень управления процессом. Здесь отображаются значения x,w,u и состояние регулятора. Здесь x – входная переменная процесса (например, температура), w – заданное значение, которое необходимо поддерживать, u – управляющее воздействие. Процесс может контролироваться и управляться с передней панели регулятора.

2 – Уровень выбора. Здесь выбирается список, который на уровне конфигурации должен быть изменен или активирован.

По отдельности это следующие списки:

onPA – параметры “он-лайн”;

(AdAP) – старт адаптации;

oFPA – параметры “офф-лайн”;

(CLPA) – программный регулятор/передатчик;

StrS – структурный переключатель;

(CAE1) – установка аналогового входа AI1;

(CAE3) – установка UNI-модуля;

APSt – все установки по умолчанию.

Списки для onPA, oFPA, StrS и APSt всегда индицируются на уровне выбора. Списки для AdAP и CAE3 появляются на индикации только тогда, когда они выбраны через структурные переключатели.

3 – Уровень конфигурирования. Установки осуществляются внутри выбранного списка или активируются соответствующие функции.

Далее в таблицах 4.1 ... 4.8 описаны последовательность действий и назначение всех настроек регулятора.

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

Таблица 4.2 – Список параметров onPA

Параметр	w/y-displ. (2)	w/y-display (1)			Ед. изм.
	Имя параметра	Min	Max	Заводская установка	
Постоянная времени фильтра для xd (адаптивная)	tF	off/1.000	1000	1.000	s
Усиление упреждения Vv	uu	0.100	10.00	5.000	1
Пропорциональная величина Kp	cP	0.100	100.0	0.100	1
Время интегрирования Tn	tn	1.000	9984	9984	s
Время предварения Tv	tv	off/1.000	2992	off	s
Зона нечувствительности	AN	0.0	10.0	0.0	%
Рабочая точка	Y0	Auto/0.0	100.0	Auto	%
Задание 1	SH1	-10.0	110.0	0.0	%
Задание 2	SH2	-10.0	110.0	0.0	%
Задание 3	SH3	-10.0	110.0	0.0	%
Задание 4	SH4	-10.0	110.0	0.0	%
Начало упр. возд. (YA ≤ YE)	YA	-10.0	110.0	-5.0	%
Конец упр. возд.	YE	-10.0	110.0	105.0	%
Время установки у вкл/период нагрева	tP	off/0.100	1000	1.000	s
Время установки у выкл/период охлаждения	tM	off/0.100	1000	1.000	s
Время паузы между импульсами	tA2	20	600	200	ms
Время импульса	tE2	20	600	200	ms
Время фильтра AI1	t1	off/0.100	1000	1.000	s
Время фильтра AI2	t2	off/0.100	1000	1.000	s
Время фильтра AI3	t3	off/0.100	1000	1.000	s
Константа c1	c1	-1.999	9.999	0.000	
Константа c2	c2	-1.999	9.999	0.000	
Константа c3	c3	-1.999	9.999	0.000	
Константа c4	c4	-1.999	9.999	1.000	
Константа c5	c5	-1.999	9.999	0.000	
Константа c6	c6	-9.99	9.99	0.00	
Константа c7	c7	+1.000	9.999	1.000	
Частота обновления индикации	dr	0.100	9.900	1.000	s

Таблица 4.4 – Список параметров оFPA

Параметр	Имя параметра	Регулятор температуры	Регулятор соотношения	Заводская установка	Ед. изм.
Положение десятичной точки на X и W индикаторах	dP	_.---	----	__ _.-	-
Начальная величина	dA	-1999	9999	0.0	-
Конечная величина	dE	-1999	9999	100.0	-
Тревога 1	A1	-110% до 110% dA, dE при S83/S84 = 0/2/3/4/5		5.0	%
Тревога 2 ($A2 \leq A1$)	A2			-5.0	
Тревога 3	A3			5.0	
Тревога 4 ($A4 \leq A3$)	A4			-5.0	
Гистерезис тревог	HA	0.1	10.0	1.0	%
Начало заданной величины	SA	-10,0% до 110% от dA, dE		-5.0	
Конец заданной величины	SE			105.0	
Время линейно-нарастающего воздействия	tS	oFF/0.100	9984	oFF	min
Фактор соотношения начало	vA	0.000	9.999	0.000	1
Фактор соотношения конец	vE	0.000	9.999	1.000	1
Управляющее воздействие безопасности	YS	-10.0	110	0.0	%
Splitrange левый ($Y1 < Y2$)	Y1	0.0	100.0	50.0	%
Splitrange правый	Y2	0.0	100.0	50.0	%
Выходные величины линейризатора L-1 (-10%) до L11 (110%)	L-1	-10.0	110.0	-10.0	%(1)
	L0	-10.0	110.0	0.0	%(1)
	L1	-10.0	110.0	10.0	%(1)
	L2	-10.0	110.0	20.0	%(1)
	L3	-10.0	110.0	30.0	%(1)
	L4	-10.0	110.0	40.0	%(1)
	L5	-10.0	110.0	50.0	%(1)
	L6	-10.0	110.0	60.0	%(1)
	L7	-10.0	110.0	70.0	%(1)
	L8	-10.0	110.0	80.0	%(1)
	L9	-10.0	110.0	90.0	%(1)
	L10	-10.0	110.0	100.0	%(1)
L11	-10.0	110.0	110.0	%(1)	

Указание: при S21 = 4, величины нормированы от dA до dE

регуляторов Sipart DR 19. Один для регулирования температуры в печи путем изменения расхода газа. Второй для регулирования соотношения расходов газа и воздуха.

Согласно схеме регулирования температуры на аналоговый вход регулятора через клемму 6DR2805-8J подается токовый сигнал с нормирующего преобразователя температуры 4...20 мА, пропорциональный температуре в печи и соответствующий диапазону 0...100 °С. На выходе регулятора должен формироваться релейный управляющий сигнал “больше/меньше”.

Исходя из этих исходных данных в регуляторе необходимо произвести следующие основные настройки:

- назначить тип регулятора (S1=0), как регулятор фиксированного значения с одной или двумя внутренними уставками;
- назначить тип выходного сигнала регулятора (S2=2), как трехпозиционный регулятор с внутренней обратной связью;
- назначить переменной x1 аналоговый вход AI1 (Базовый блок 1) (S15=1, S16=0, S17=0);
- назначить тип входного сигнала для AI1 – токовый (S5=0);
- назначить релейные выходы DO7, DO8 регулятора как управляющие сигналы регулятора + Δu и - Δu (S58=0);
- масштабировать входной сигнал регулятора согласно диапазону 0...1300 °С.

Для этого в списке параметров офф-лайн oFPA задать начальное значение dA=-325 (так как сигнал по температуре – 4...20 мА, а вход AI1 – настроен на 0...20 мА, поэтому параметр dA=-325) и конечное значение диапазона dE=1300. Аналогично можно ограничить диапазон изменения заданного значения, задав параметры SA и SE соответственно начало и конец диапазона (например, присвоив SA=400 и SE=850 изменять задание для регулятора будет возможно только в пределах от 400 до 850).

Полностью значения всех параметров настройки регулятора температуры приведены в таблицах 4.6, 4.7 и 4.8.

По завершении выполнения всех настроек необходимо перейти на уровень управления процессом. Здесь регулятор может работать в автоматическом или ручном режимах. Переключение между режимами осуществляется нажатием кнопки (9). При светящемся индикаторе (11) активирован ручной режим. В ручном режиме можно при помощи кнопок (7), (8) выдавать команды “больше/меньше”. Подтверждение выдачи команд

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

можно отслеживать по индикаторам (12), верхний – “больше”, нижний – “меньше”. На индикаторе PV-X (1) будет отображаться температура в градусах Цельсия. На индикаторе SP-W (2) будет отображаться заданное значение температуры. При таком режиме управления все решения принимает оператор.

При погасшем индикаторе (11) регулятор находится в автоматическом режиме и самостоятельно на основе введенных в него параметров выдает команды управления, которые также отображаются индикаторами (12). На индикаторе PV-X (1) будет отображаться температура в градусах Цельсия. На индикаторе SP-W (2) будет отображаться заданная величина температуры, которую регулятор будет пытаться достигнуть. Заданную величину можно изменять при помощи кнопок (7), (8). На индикаторе (3) в процентах отображается переменная x_d – разница между заданием W и фактической переменной X . Если $W > X$ то светодиоды индикатора (3) горят выше от отметки “0”, а если $W < X$ то светодиоды горят ниже от отметки “0”. Количество зажигаемых светодиодов пропорционально величине x_d .

Для регулятора соотношения входных сигнала два. Ими являются токовые сигналы 4...20 мА пропорциональные расходу природного газа (0...300 м³/ч) и расходу воздуха (0...3000 м³/ч). Здесь задающим сигналом является расход газа, а регулируемой переменной расход воздуха. Сигнал по расходу газа заведен на Slot 2 (AI2), по расходу воздуха на Slot 3 (AI3). Выходной сигнал (также как и для регулятора температуры) релейный управляющий “больше/меньше”.

Исходя из этих исходных данных в регуляторе соотношения необходимо произвести следующие основные настройки:

- назначить тип регулятора (S1=3), как регулятор соотношения;
- назначить тип выходного сигнала регулятора (S2=2), как трехпозиционный регулятор с внутренней обратной связью;
- назначить переменной x_1 (воздух) аналоговый вход AI3 (Slot 1) (S15=3);
- назначить переменной x_2 (газ) аналоговый вход AI2 (Slot 2) (S16=2, S17=0, S18=0);
- назначить тип входного сигнала для AI3 (Slot 1) – токовый 4...20 мА (S9=2);
- назначить тип входного сигнала для AI2 (Slot 2) – токовый 4...20 мА (S8=2);

– назначить релейные выходы DO7, DO8 регулятора как управляющие сигналы регулятора $+\Delta u$ и $-\Delta u$ ($S58=0$).

Полностью значения всех параметров настройки регулятора соотношения приведены в таблицах 4.6, 4.7 и 4.8.

После завершения конфигурирования регулятора соотношения его нужно перевести на уровень управления процессом.

Здесь также, как и для случая регулирования температуры регулятор может работать в автоматическом или ручном режимах. Переключение между режимами осуществляется нажатием кнопки (9). При светящемся индикаторе (11) активирован ручной режим. В ручном режиме можно при помощи кнопок (7), (8) выдавать команды “больше/меньше”. Подтверждение выдачи команд можно отслеживать по индикаторам (12), верхний – “больше”, нижний – “меньше”. На индикаторе PV-X (1) будет отображаться реальное соотношение между расходами газа и воздуха. На индикаторе SP-W (2) будет отображаться заданное значение соотношения расходов. При таком режиме управления все решения принимает оператор.

При погасшем индикаторе (11) регулятор находится в автоматическом режиме и самостоятельно на основе введенных в него параметров выдает команды управления, которые также отображаются индикаторами (12). На индикаторе PV-X (1) будет отображаться реальное соотношение между расходами газа и воздуха. На индикаторе SP-W (2) будет отображаться заданное значение соотношения, которое регулятор будет пытаться достигнуть. Заданную величину можно изменять при помощи кнопок (7), (8). На индикаторе (3) в процентах отображается переменная x_d – разница между заданием W и фактическим соотношением X . Если $W > X$ то светодиоды индикатора (3) горят выше от отметки “0”, а если $W < X$ то светодиоды горят ниже от отметки “0”. Количество зажигаемых светодиодов пропорционально величине x_d [15].

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2018.060.00.ПЗ					

Таблица 4.6 – Список параметров onPA для регуляторов температуры и соотношения

Параметр	w/y-displ. (2)	w/y-display (1)			Ед. изм.
	Имя параметра	Регулятор температуры	Регулятор соотношения	Заводская установка	
Постоянная времени фильтра для xd (адаптивная)	tF	1	1	1.000	s
Усиление упреждения Vv	uu	0.1	0.1	5.000	1
Пропорциональная величина Kp	cP	4.0	10	0.100	1
Время интегрирования Tn	tn	50	10	9984	s
Время предварения Tv	tv	Off	Off	off	s
Зона нечувствительности	AN	0.5	0.5	0.0	%
Рабочая точка	Y0	Auto	Auto	Auto	%
Задание 1	SH1	0.0	0.0	0.0	%
Задание 2	SH2	0.0	0.0	0.0	%
Задание 3	SH3	0.0	0.0	0.0	%
Задание 4	SH4	0.0	0.0	0.0	%
Начало упр. возд. ($Y_A \leq Y_E$)	YA	-5.0	-5.0	-5.0	%
Конец упр. возд.	YE	105.0	105.0	105.0	%
Время установки у вкл/период нагрева	tP	1.0	1.0	1.000	s
Время установки у выкл/период охлаждения	tM	1.0	1.0	1.000	s
Время паузы между импульсами	tA2	600	600	200	ms
Время импульса	tE2	200	200	200	ms
Время фильтра AI1	t1	1.0	1.0	1.000	s
Время фильтра AI2	t2	1.0	1.0	1.000	s
Время фильтра AI3	t3	1.0	1.0	1.000	s
Константа c1	c1	0	0	0.000	
Константа c2	c2	0	0	0.000	
Константа c3	c3	0	0	0.000	
Константа c4	c4	1	1	1.000	
Константа c5	c5	0	0	0.000	
Константа c6	c6	0	0	0.00	
Константа c7	c7	1	1	1.000	
Частота обновления индикации	dr	1	1	1.000	s

Таблица 4.7 – Список параметров оFPA для регуляторов температуры и соотношения

Параметр	Имя параметра	Регулятор температуры	Регулятор соотношения	Заводская установка	Ед. изм.
Положение десятичной точки на X и W индикаторах	dP	----	----	----.	-
Начальная величина	dA	-325	0	0.0	-
Конечная величина	dE	1300	100	100.0	-
Тревога 1	A1	750	100	5.0	-
Тревога 2 ($A2 \leq A1$)	A2	750	100	-5.0	-
Тревога 3	A3	850	110	5.0	-
Тревога 4 ($A4 \leq A3$)	A4	800	110	-5.0	-
Гистерезис тревог	HA	5	10	1.0	%
Начало заданной величины	SA	400	0	-5.0	
Конец заданной величины	SE	850	10	105.0	
Время линейно-нарастающего воздействия	tS	off	off	oFF	min
Фактор соотношения начало	vA	0	0	0.000	1
Фактор соотношения конец	vE	9,99	9,99	1.000	1
Управляющее воздействие безопасности	YS	0	0	0.0	%
Splitrange левый ($Y1 < Y2$)	Y1	50	50	50.0	%
Splitrange правый	Y2	50	50	50.0	%
Выходные величины линеаризатора L-1 (-10%) до L11 (110%)	L-1	-	-	-10.0	%(1)
	L0	-	-	0.0	%(1)
	L1	-	-	10.0	%(1)
	L2	-	-	20.0	%(1)
	L3	-	-	30.0	%(1)
	L4	-	-	40.0	%(1)
	L5	-	-	50.0	%(1)
	L6	-	-	60.0	%(1)
	L7	-	-	70.0	%(1)
	L8	-	-	80.0	%(1)
	L9	-	-	90.0	%(1)
	L10	-	-	100.0	%(1)
L11	-	-	110.0	%(1)	

Таблица 4.8 – Список структурных переключателей StrS

w/y (2) Номер	x (1)		
	Регулятор температуры	Регулятор соотношения	Заводская установка
1	0	3	0
2	2	2	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	2	2	0
9	2	2	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	1	3	1
16	0	2	2
17	0	0	3
18	0	0	4
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	8	8	8
24	0	0	0
25	1	1	1
26	2	2	2
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0	0
32	0	0	0
33	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	0
36	0	0	0
37	0	0	0
38	0	0	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	0	0	0
42	0	0	0
43	0	0	0
44	0	0	0
45	0	0	0
46	0	0	0
47	0	0	0
48	0	0	0
49	1	1	0
50	0	0	0

w/y (2) Номер	x (1)		
	Регулятор температуры	Регулятор соотношения	Заводская установка
51	0	0	0
52	0	0	0
53	0	0	0
54	0	0	0
55	0	0	0
56	0	0	0
57	0	0	0
58	0	0	0
59	0	0	0
60	0	0	0
61	0	0	0
62	0	0	0
63	0	0	1
64	0	0	2
65	0	0	0
66	0	0	0
67	0	0	0
68	0	0	0
69	0	0	0
70	0	0	0
71	0	0	0
72	0	0	0
73	0	0	0
74	0	0	0
75	0	0	0
76	0	0	0
77	0	0	0
78	0	0	0
79	0	0	0
80	0	0	0
81	0	0	0
82	0	0	0
83	0	0	0
84	0	0	0
85	0	0	0
86	0	0	0
87	0	0	0
88	0	0	0
89	2	2	0
90	0	0	0
91	0	0	0
92	0	0	0
93	0	0	0
94	0	0	0
95	0	0	0
96	0	0	0
97	0	0	0
98	0	0	0
99	0	0	0
100	0	0	0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы проведен анализ САУ печи прокаливания ферросплавов, разработаны структурные схемы и схемы подключения систем управления температурой и соотношением расходов газ-воздух, произведен выбор компонентов САУ, рассчитаны электродвигатель привода тележки выкатной подины и электроснабжение помещения вентиляционных устройств.

Эти задачи решены путем введения в систему управления технологическим процессом печи прокаливания ферросплавов средств автоматизации, а конкретно – датчиков температуры и давления, регуляторов, и, связанных с ними, исполнительных механизмов. Их внедрение позволило точнее отслеживать состояние технологического процесса и контролировать его. Это оказало непосредственное влияние на качество прокаливания ферросплавов и производительность труда, а применение средств защиты и сигнализации позволило существенно снизить опасность обслуживания печи.

Эффективность разработанной САУ определяется уменьшением расхода энергоносителя, снижением процента брака и сокращением численности работников обслуживающего персонала

Новизна разработанной в проекте автоматизированной системы управления технологическим процессом печи прокаливания ферросплавов заключается в применении регулирования всех требуемых параметров технологического процесса.

Дальнейшее развитие ОАО «Ашинский металлургический завод» может привести к замене действующей печи прокаливания на более производительную, т.к. ежегодно возрастает объем использования ферросплавов в основном производстве.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учеб. пособие для вузов / И. И. Алиев. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – 255 с.
- 2 Жила, В. А. Автоматика и телемеханика систем газоснабжения: учебник / В. А. Жила. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 238 с.
- 3 Карева, Н. Т. Термическая обработка сталей и сплавов: учебное пособие / Н. Т. Карева, И. В. Лапина, С. И. Ильин. – 2-е изд., испр. И доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 98с.
- 4 Комар, М. А. Основы электропривода и аппараты управления: учебное пособие для техникумов / М. А. Комар. – М.: Энергия, 1968. – 344 с.
- 5 Кириллов, Г. Н. Организация и ведение гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: учебное пособие для преподавателей и слушателей УМЦ, курсов ГО и работников ГОЧС предприятий, организаций и учреждений / Г. Н. Кирилов. – М.: Институт риска и безопасности, 2003. – 512 с.
- 6 Крупович, В. И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами: справочник / В. И. Крупович, Ю. Г. Барыбин, М. Л. Самовер. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 416 с.
- 7 Липкин, Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник для техникумов / Б. Ю. Липкин. – М.: Высш. шк., 1975. – 360 с.
- 8 Металлические конструкции: учебник: в 3 т. / под ред. В. В. Горева, – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. – Т. 1. – 551 с.
- 9 Москаленко, В. В. Электрический привод: учебник / В. В. Москаленко. – М.: Высш. шк., 1991. – 430 с.
- 10 Мурзин, А. М. Оптимальное проектирование автоматических установок: учебное пособие / А. М. Мурзин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 103с.
- 11 Пантаев, Н. Ф. Основы теории автоматического регулирования и авторегуляторы: учебник / Н. Ф. Пантаев, В. Г. Дианов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1970. – 368 с.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

12 Поволоцкий, Д. Я. Электротехнология стали и ферросплавов: учебник для вузов / Д. Я. Поволоцкий, В. Е. Рощин, М. А. Рысс. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1984. – 568 с.

13 Савченко, П. И. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве: учебник / П. И. Савченко, И. А. Гаврилюк, И. Н. Земляной. – М.: Колос, 1996. – 224 с.

14 Сныткин, В. В. Руководство по наладке и эксплуатации автоматики газифицированных котельных: учебник / В. В. Сныткин, С. И. Мухин. – Л.: Недра, 1971. – 120 с.

15 Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник / А. А. Федоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1972. – 416 с.

16 Чепель, В. М. Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий: учебник / В. М. Чепель, И. А. Шур. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1980. – 591 с.

17 Шевченко, В. Ф. Устройство и эксплуатация оборудования ферросплавных заводов: справочник / В. Ф. Шевченко. – М.: Металлургия, 1982. – 208 с.

18 Электротехника: учеб. пособие: в 3 кн. / под ред. П. А. Бутырина, Р. Х. Гафиятуллина, А. Л. Шестакова. – М.; Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – Кн. 3. – 639 с.

					27.03.04.2018.060.00.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68