

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт инженерной и экологической безопасности

Департамент «Магистратуры»
(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Анализ факторов, влияющих на безопасность технологического
процесса и разработка методов обеспечения безопасности газовой
нагревательной камерной печи на примере ОАО «Волгоцеммаш»

Студент

И. В. Лавров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к. т. н., доцент В. А. Филимонов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к. п. н., доцент В. В. Петрова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	9
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	10
1 Теоретические аспекты безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи	11
1.1 Основные сведения о предприятии ПАО «Волгоцеммаш».....	11
1.2 Основные сведения об объекте исследования	13
1.3 Основные требования, предъявляемые к газифицируемым цехам промышленных предприятий	14
1.4 Взрывоопасность и пожароопасность газового топлива	16
1.5 Токсичность газового топлива и продуктов его сгорания.....	17
1.6 Особенности безопасной работы при использовании газового топлива по сравнению с другими видами топлива.....	20
1.7 Газоопасные работы и надзор за газовым хозяйством промышленных предприятий.....	21
1.8 Анализ факторов, влияющих на безопасность технологического процесса эксплуатации газовой нагревательной камерной печи	24
2 Анализ методов обеспечения безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи	26
2.1 Основные мероприятия по технике безопасности при работе на газовом топливе	26
2.2 Контрольно-измерительные приборы и система автоматизации для безопасной работы газовой печи	36
3 Разработка методов обеспечения безопасности газовой нагревательной камерной печи на примере ПАО «Волгоцеммаш»	45

3.1 Патентный обзор предлагаемых вариантов камерных печей.....	45
3.2 Выбор и обоснование предлагаемой модернизации камерной печи для ее безопасной работы	57
3.3 Конструктивные решения модернизируемой печи	60
3.4 Выбор основного оборудования и дополнительных систем	63
3.5 Камерная печь как объект управления. Проектирование системы автоматизации печи. Разработка алгоритма автоматизации	68
3.6 Функциональная схема автоматизации и выбор аппаратуры	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Основной тенденцией современного развития технологии изготовления изделий металлургической и машиностроительной промышленности является необходимость качественной термической обработки материала. Одним из основных препятствий является поддержание контроля температурного режима, который необходимо контролировать в нагревательной камерной печи с выкатным подом от 290 до 1350°C, а также сокращение расходов энергоресурсов при эксплуатации печи и уменьшение попадания опасных веществ в атмосферу.

Главным аспектом нагревательных камерных печей с выкатным подом является то, что их можно модернизировать конструкцию под различные габариты слитков и проведение полного цикла от нагрева слитка до закалки поковки.

Низкий технический уровень нагревательных камерных печей с выкатным подом влечет за собой качество продукции и увеличение расходов энергоресурсов для поддержания необходимого режима при работе печи, к примеру, увеличения расхода газа для поддержания температуры, что в дальнейшем приводит к увеличению вредных выбросов в атмосферу. А также к снижению производительности и степени безопасности технологического процесса резко снижаются. На сегодняшний день $\frac{3}{4}$ нагревательных печей с выкатным подом находятся в критическом состоянии. После локальной реконструкции, резко возрастет качество продукции, уменьшение расхода энергоресурсов, повышения безопасности рабочего персонала, повышения производительности, и наконец, главным критерием это уменьшение себестоимости при производстве продукции.

Эффект будет достигнут при выборе газогорелочных устройств, необходимо переоборудование топок или создать спец агрегаты, правильно произвести наладку и эксплуатацию. Нарушив данные требования,

повышается риск перерасхода газового топлива, что влечет, увеличивает в разы, аварии и несчастные случаи.

Цель: данной работы является разработка методов обеспечения безопасности газовой нагревательной камерной печи.

Объект исследования - исследования является камерная печь с выкатным подом площадью 36 м².

Предмет исследования: основное направление исследования — это обеспечение безопасности рабочего персонала при эксплуатации камерной нагревательной печи с выкатным подом.

Задачи исследования:

- 1) рассмотреть основные требования, предъявляемые к газифицируемым цехам промышленных предприятий;
- 2) проанализировать факторы безопасности технологического процесса исследуемого объекта;
- 3) рассмотреть мероприятия по устранению вредных факторов нагревательной печи;
- 4) проанализировать патентные разработки в области камерных печей;
- 5) произвести выбор и обоснование модернизации печи;
- 6) рассмотреть конструктивные решения модернизируемой печи;
- 7) спроектировать систему автоматизации модернизируемой камерной печи.

Новизна исследования:

- 1) рассмотрены теоретические аспекты безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи;
- 2) проведен анализ методов обеспечения безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи;
- 3) выявлены недостатки существующей системы автоматизации безопасности нагревательной печи;

4) проведена модернизация камерной печи для ее безопасной работы и разработан алгоритм автоматизации управления ею;

5) разработана автоматическая схема управления горелками камерной печи.

Методы и методология проведения исследования: нормативно-правовые документы РФ, это достижения, анализ научных статей, исследований зарубежных, а также отечественных авторов.

Теоретическая научная и практическая значимость: диссертации заключается в том, что:

– основываясь, на выводы технологического процесса печи выявлены недостатки существующей системы автоматизации безопасности нагревательной печи и недостаточность обеспечения безопасности технологических процессов при ее эксплуатации;

– проведена модернизация камерной печи для ее безопасной работы и разработан алгоритм автоматизации управления ею;

– разработана автоматическая схема управления горелками камерной печи.

Научная обоснованность и достоверность результатов исследования. Работа выполнена самостоятельно. Достоверность и обоснованность полученных результатов исследований, конструктивного решения модернизации печи, разработки алгоритма и функциональной схемы автоматизации управления печью обеспечена использованием современными системами автоматизации управления технологическими процессами в металлургии и машиностроении на основе ЭВМ, сравнением с данными, приведенными в научной и нормативной литературе.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту.

1) результаты теоретических исследований безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи;

2) результаты анализа методов при обеспечении безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи;

3) патентный обзор в области газовых нагревательных камерных печей;

4) конструктивное решение модернизации печи;

5) выбор основного оборудования и дополнительных систем печи;

6) алгоритм автоматизации управления печью;

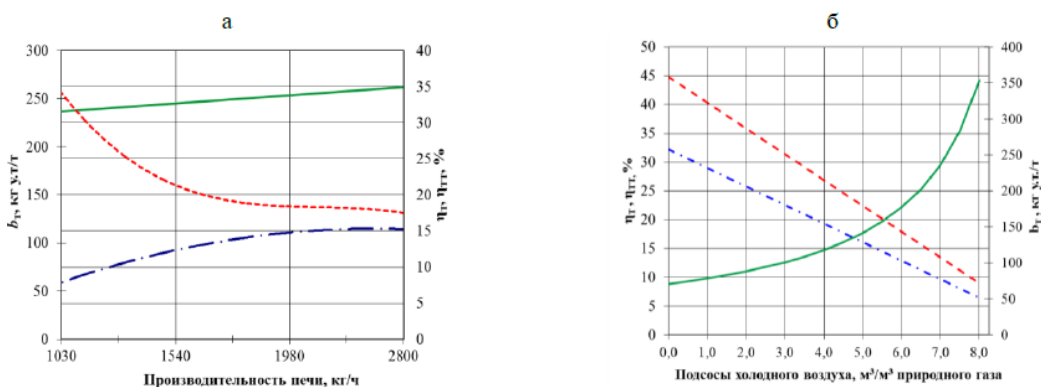
7) функциональная схема автоматизации управления печью.

Апробация результатов. Выступление с докладами:

1) Международной научно-практической конференции «ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБЩЕСТВА, ПРОИЗВОДСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (Стерлитамак, 28 июня 2019 г.);

2) Международной научно-практической конференции «ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ» (Киров, 26 августа 2019 г.).

В результате анализа при использовании комплексной методики оценки тепловой работы нагревательных печей (при выборе объекта исследования) установлены зависимости η_T , η_{TT} и b_T от производительности печи (рисунок 1, а) и от объема подсосов холодного воздуха (рисунок 1, б).



а – печь ручьевого типа; б – печь с гладким подом:

синяя полоса – η_T ; красная полоса – η_{TT} ; зеленая полоса – b_T

Рисунок 1 – Зависимости η_T , η_{TT} и b_T от производительности и подсосов холодного воздуха

Стоит отметить, что камерные печи одинаково хорошо демонстрируют себя во всех направлениях, выдавая стабильно высокие показатели характеристик в любой из областей.

Что касается температуры, которой можно достичь в подобных камерах, то она близка к отметке в 1500 градусов, что на данный момент является весьма неплохим показателем.

Личный вклад автора в исследование.

1) выполнил теоретические исследования и проанализировал методы обеспечения безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи;

2) выполнил патентный обзор в области камерных печей;

3) предложил конструктивное решение модернизации печи и осуществил выбор основного оборудования и дополнительных систем печи;

4) разработал алгоритм и функциональную схему автоматизации управления печью.

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 раздела, заключения и списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 90 страницах, текст иллюстрирован 3 таблицами, 24 рисунками.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применяют следующие термины и определения:

Топка (камера сгорания) – устройство для сжигания топлива.

Под – это горизонтальная поверхность в печи, в печной топке, на которую кладется топливо.

Отжиг – это процесс термической обработки, основным принципом которого является, нагрев слитка и его дальнейшая выдержка с поддержанием необходимой температуры, с дальнейшим уменьшением температурного процесса до полного остывания.

Задвижка – трубопроводная арматура, которая регулирует поток топлива или перекрывает доступ. С помощью нее контролируется работа горелки.

Вентиль – запорное устройство в трубопроводах для перекрытия и регулирования потоков жидкости, пара или газа.

Фланец – плоская деталь различной формы, которая служит как соединительный элемент для надежной герметичности трубопровода.

Рекуператор – теплообменник поверхностного типа. Служит для подогрева холодного воздуха с помощью отработанного горящего воздуха подаваемого из печи.

Пирометр – прибор для бесконтактного измерения температуры тел.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В данной работе применяют следующие сокращения и обозначения:

ПАО – публичное акционерное общество;

СНГ – Союз Независимых Государств;

КПД – коэффициент полезного действия;

ЭДС – электродвижущая сила;

ТЭН – трубчатый электронагреватель;

ПИД – пропорционально – интегрально - дифференцирующий;

ГОСТ – государственный стандарт.

1 Теоретические аспекты безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи

1.1 Основные сведения о предприятии ПАО «Волгоцеммаш»

В послевоенные годы 20 века, была острая необходимость цемента для строительства новых фабрик и заводов. На основании этого указом Политбюро было принято решение построить на Волге завод по производству продукции для цементной промышленности. Завод был построен в рекордные для страны сроки и оправдал все ожидания. Завод выполнял заказы не только в нутрии страны, но и производил продукцию на экспорт.

Оборудование завода также широко применяется в строительной индустрии, атомной энергетике, горнорудной промышленности.

Завод имеет четыре главных производства – это литейное, кузнечнопрессовое, механосборочное и сварочное.

Механосборочное производство обладает оборудованием для обработки любых видов машин, которые применяются в цементной промышленности. На карусельных станках завод обрабатывает детали типа колец до 10 м в диаметре и высотой до 3,2 м, на токарных станках – до 16 м по длине.

На станки обрабатываются детали длиной до 12000 мм, шириной до 4000 мм, высотой до 3000 мм и массой до 150 тонн. Валы диаметром до 1000 мм, длиной 6000 мм и массой до 20 тонн шлифуются на станках финишной обработке.

Гордость завода составляют зубообрабатывающие станки. Это оборудование позволяет обработать привода вращающихся печей диаметром до 12000 мм, модулем до 60 мм, а также нарезать зубья диаметром до 4500 и модулем 25 мм.

Сварочное производство. Это производство с современным оборудованием, где выполняются термообработка, сварка, а также обработка профильного листа. На прессовом и листогибочном оборудовании производятся штамповка, гибку и вальцовка. Максимальная свариваемая толщина может достигать 1 м.

Современные методики сварки, качество сварного соединения. Такие как автоматическая сварка, полуавтоматическая в аргоне, дуговая, рельефная другие. Они обеспечивают надежное качество сварных соединений, не уступающих по прочности основному металлу.

Завод способен сам изготавливать для своих нужд инструменты для инструментального производства, таких как сверла, метчики, плашки, фрезы и т.д.

На данный момент завод изготавливает новый тип печей, принцип которых основан на сухом способе производства. Более современные конструкция печи позволяют уменьшить затраты на постройку печей, не уменьшив ее производительность, а только увеличив ее эксплуатационные качества.

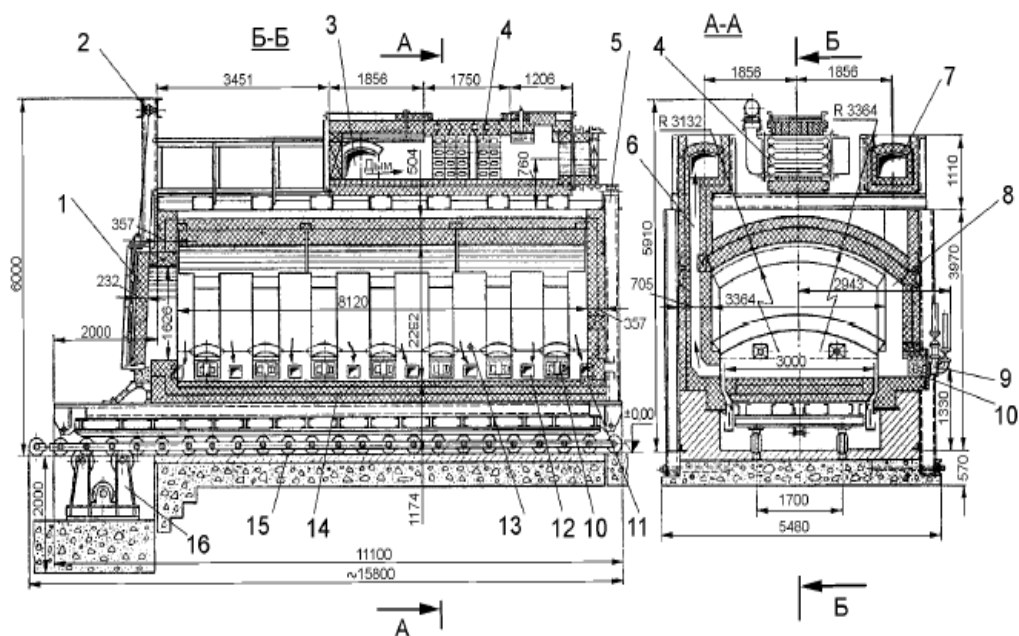
Более, усовершенствованная конструкция печи позволяет использовать все доступные виды топлива, таким образом, восстанавливая оксиды азота в газах, которые были использованы в процессе работы, которые в дальнейшем улетучиваются в атмосферу, таким образом, это поможет нам уменьшить количество опасных выбросов в атмосферу.

Новая конструкция печи позволит увеличить возможности использования в производстве при нагреве металлических слитков до 5000 т в сутки.

Наш завод, ориентируясь на реалии современного рынка, осваивает и развивает различные направления. В связи со спросом рынка предприятия адаптируется и меняется под потребности заказчиков.

1.2 Основные сведения об объекте исследования

Нагревательная печь с выкатным подом $4,8 \times 7,5$ м представлена на рисунке 1.1. Назначение печи – нагрев слитков и заготовок.



1 – заслонка; 2 – механизм подъема заслонки; 3 – дымовой канал для соединения сборных каналов; 4 – рекуператор; 5 – металлический каркас; 6 – подъемный дымовой канал; 7 – сборные каналы, располагаемые вдоль стен над сводом; 8 – рабочее пространство печи; 9 – горелки; 10 – горелочный камень; 11 – песочный затвор; 12 – дымовые окна; 13 – отверстие для термопары; 14 – подина; 15 – ролики (катки, колеса); 16 – механизм передвижения подины

Рисунок 1.1 – Камерная печь с выкатным подом

Рабочее пространство печи представляло собой прямоугольную камеру, футерованную шамотным кирпичом. Топливо – природный газ сжигался в расположенных на боковых стенах горелках ГЦН-20 (20 штук).

Максимальная рабочая температура в печи 1280°C . Дымовые газы удалялись через каналы, расположенные в боковых стенках печи, и далее через сборный боров попадали в дымовую трубу.

Воздух, подаваемый на горение вентилятором ВВД-11, не подогревался.

Автоматическое управление тепловым режимом печи отсутствовало.

Механизм перемещения пода – электрический, реечный.

Грузоподъемность пода – сто восемьдесят тонн.

Организация выполнения работы:

1) нагрев слитков (от 20 до 750°C), равномерный нагрев происходит в около 20 часов;

2) выдержка при (750°C) занимает около 8 часов. Следует, из вышесказанного разделить на два этапа период нагрева и выдержки. Вследствие чего эти два этапа можно суммировать, при их объединении.

Неотъемлемой частью режима термической обработки, является температура и выдержки металлических слитков в печи. [1].

В процессе отжига оптимальная температура в печи должна быть (от 790 до 1000°C) при этом необходимы затраты на топливо от 39 до 125 кг у.т./т металла. В процессе отпуска необходимо поддерживаться температуре в печи около (560°C) при этом безусловно необходимо затраты от 27...65 кг у.т./т металла. При наиболее низких показателях термообработка происходит за значительно меньшее время протекания процесса.

Интенсификация теплового режима в такой печи возможна только за счет подъема температуры дымовых газов в печи, что намного усложнит процесс нагрева металла до необходимой температуры, но может привести к его перегреву [2].

Даже применение горелок усовершенствованных конструкций (например, щелевых инжекционных) не улучшит ситуацию.

1.3 Основные требования, предъявляемые к газифицируемым цехам промышленных предприятий

Как правило, все проекты газификации промышленных предприятий, отдельных цехов и котельных установок подлежат обязательному согласованию с местными органами управления газового хозяйства.

При наличии в проектах отступлений от действующих норм, технических условий и правил, эти проекты подлежат также обязательному согласованию с местными или республиканскими органами комитетов Ростехнадзора.

При проектировании, строительстве и эксплуатации газового хозяйства промышленных предприятий соблюдаются следующие основные условия.

При присоединении промышленных потребителей к газопроводам высокого или среднего давления газа для снижения давления до требуемой величины обязательно устанавливают регуляторы давления и предохранительное устройство от повышения давления сверх установленного предела.

При снабжении газом среднего и высокого давления (до 6 атм.) можно размещать регуляторы и предохранительные устройства как в отдельно стоящей будке, пристройке к зданию, снаружи здания в специальном шкафу, так и непосредственно в цехе или у агрегата, если они относятся по противопожарным нормам к категориям: В, Г и Д.

При снабжении газом высокого давления (свыше 6 атм.) установка регуляторов давления непосредственно в помещении цеха запрещается.

Ввод газопровода и редуцирующая установка должны находиться в помещении цеха, где установлены основные газопотребляющие агрегаты, или в смежном помещении, обеспеченном естественной или принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Снижение давления газа до требуемой величины с помощью задвижек или вентиля не допускается.

С целью получения возможности выключения регулятора и предохранительного устройства для ревизии или ремонта, как правило, устраивается обводной газопровод.

Здание отдельно стоящей регуляторной станции или регуляторного пункта должно быть наземным, одноэтажным, негорючим, с перекрытием

из легких сборных несгораемых конструкций. Двери должны открываться наружу.

Разрывы между отдельно стоящими регуляторными станциями и другими зданиями, и сооружениями на территории промышленного предприятия должны быть не менее 10 м при давлении газа до 6 атм. и не менее 15 м при давлении газа свыше 6 до 12 атм.

В помещениях регуляторных станций должна поддерживаться температура не ниже +5°C. Отопление регуляторной станции может быть водяным, паровым (с избыточным давлением пара не свыше 0,7 атм.) или воздушным.

1.4 Взрывоопасность и пожароопасность газового топлива

Все горючие газы способны при смешении с некоторым, определенным для данного газа количеством воздуха создавать взрывчатые смеси. Таким образом, для горючих газов газоздушная смесь (в определенных пределах содержания газа) является взрывчатой смесью.

Поджигание такой смеси, хотя бы в одной точке, вызывает взрыв, представляющий собой быстро протекающую химическую цепную реакцию, сопровождающуюся выделением тепла и образованием ударных волн в окружающей среде, которые могут обладать большой разрушительной силой. Давления, возникающие при взрыве газоздушных смесей, обычно не достигают 8 атмосфер.

Существуют нижний и верхний пределы воспламеняемости газоздушной смеси. Если в ней слишком мало газа (меньше нижнего предела воспламеняемости), т.е. смесь очень «бедная», то воспламенения не произойдет, если не будет дополнительного источника нагрева. Аналогичное положение будет иметь место и при очень больших концентрациях газа в смеси.

Разным горючим газам и их компонентам соответствуют различные нижние и верхние пределы образования воспламеняемой смеси газа с воздухом.

Пределы воспламеняемости газоздушных смесей для различных газов указаны в главе второй.

Следует учитывать, что чем меньше нижний предел воспламеняемости, тем скорее при прочих равных условиях и при меньших утечках газа может произойти взрыв газоздушной смеси.

Все горючие газы в смеси с воздухом, даже вне пределов воспламеняемости, являются пожароопасными и требуют осторожного обращения, особенно при наличии вблизи открытого пламени, раскаленных предметов или искр, могущих вызвать пожар.

Свойства взрывоопасности и пожароопасности газового топлива вызывают ряд специфических условий его применения в промышленных агрегатах и котлах.

1.5 Токсичность газового топлива и продуктов его сгорания

При оптимальном процессе горение топлива в конечном итоге всегда присутствует в продуктах сгорания всегда есть наличие углекислого газа (CO_2), азот (N_2) и водяные пары, при попадании которых в большом количестве в помещение может возникнуть опасность для пребывания в нем человека. При неполном горении газа в продуктах сгорания образовывается также окись углерода, опасная для жизни человека. Кроме того, если в исходном газе имеется сероводород, то при горении образуется также сернистый газ, вредный для здоровья человека.

Отсюда возникает ряд специальных требований и условий по вентиляции помещений, где используется газовое топливо. Эти требования изложены во второй главе.

Относительно большими токсическими свойствами обладает окись углерода, являющаяся токсичным ядом. Попадая в организм человека, она

соединяется с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин. Когда две трети гемоглобина крови перейдут в карбоксигемоглобин, наступает смерть от кислородного голодания и удушья.

Систематическое воздействие малых доз окиси углерода вызывает хроническое отравление организма человека (общетоксическое действие). Ранними проявлениями хронического отравления окисью углерода являются головокружения, функциональные расстройства центральной нервной системы, понижение трудоспособности и т.п.

В целях создания необходимых гигиенических условий в жилищах предусматривает предельно допустимую токсическую концентрацию углерода в воздухе жилых помещений 2 мг/м^3 или $0,002 \text{ мг/л}$ ($0,00016\%$). Предельная концентрация окиси углерода в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий допускается в размере 30 мг/м^3 или $0,03 \text{ мг/л}$.

В практической работе в производственных условиях можно рекомендовать придерживаться следующих величин, допустимых и опасных концентраций окиси углерода.

Искусственные газы содержат большое количество токсичных компонентов: газы сухой перегонки сланцев имеют до 17% окиси углерода. В коксовый газ входят окись углерода, аммиак, сероводород и даже цианистые соединения [1].

При больших концентрациях углеводороды могут вызвать острые отравления с потерей сознания, например, концентрация $20\text{...}30\%$ метана, 10% пропана и т. д. вызывает удушье вследствие недостатка кислорода.

Примесь сероводорода к газу в некоторых случаях может оказаться более опасной, чем самый газ. Сероводород является сильным ядом, действующим на нервную систему, дыхательные пути и слизистую оболочку глаз. При концентрации выше 1 мг/л возможны мгновенная остановка дыхания и паралич сердца.

Сернистый газ вызывает раздражение глаз и при больших концентрациях – одышку, синюху и потерю сознания. Предельно допустимая концентрация его в воздухе – 0,02%.

Углекислый газ не токсичен, но относительно большая концентрация его в воздухе (10...15%) снижает содержание кислорода в нем и вызывает обморочное состояние. Предельно допустимая концентрация углекислого газа в воздухе помещения – 0,1 % при продолжительном пребывании людей и 0,2% при кратковременном.

Исходя из этих токсических свойств газов, ГОСТ предусматривает следующие предельные содержания некоторых вредных примесей в газе для коммунально-бытового потребления:

- сероводорода не более 2 г на 100 м³ газа;
- аммиака не более 2 г на 100 м³ газа;
- цианистых соединений (в пересчете на синильную кислоту HCN) не более 5 г на 100 м³ газа.

Кроме того, ГОСТом предъявляется требование, чтобы запах ощущался уже при содержании 1% природного газа в воздухе.

Первыми признаками отравления газом являются ощущение биения и давления в висках, шум в ушах, головокружение, слабость, головная боль, тошнота, сердцебиение. Затем может наступить потеря сознания. Иногда это явление наступает мгновенно.

Во всех случаях отравления необходимо немедленно вызвать скорую медицинскую помощь, а до ее прибытия вынести пострадавшего на свежий воздух или в проветренное помещение, расстегнуть у него ворот, ослабить пояс для облегчения дыхания. Если пострадавший в сознании – дать ему нюхать нашатырный спирт, тепло укутать или согреть грелками и не давать уснуть. Если пострадавший не дышит, надо делать искусственное дыхание.

1.6 Особенности безопасной работы при использовании газового топлива по сравнению с другими видами топлива

В случае, когда происходит сжигание газового топлива, следует учитывать ряд особенностей, отличающих его от других видов топлива (твердого и жидкого).

При недостаточном поступлении воздуха и неполном сгорании газа на поверхности топок выделяется большое количество сажи, которая при определенных условиях может легко загореться, что нарушает технологический режим работы агрегата. Кроме того, отложения сажи образуют с течением времени плотную корку нагара на металлических поверхностях нагрева, что резко снижает теплопередачу и приводит в свою очередь к значительному ухудшению к. п. д. агрегата.

При недостаточном поступлении воздуха в топочную камеру продукты неполного сжигания газа, смешавшись с подсосанным через неплотности кладки воздухом, могут образовать взрывчатую смесь, которая от любой искры или соприкосновения с раскаленными частями кладки легко может взорваться, разрушив агрегат.

Взрыв газо-воздушной смеси в помещении цеха или котельной установки может произойти только при совпадении во времени двух условий – создания взрывоопасной концентрации и внесения во взрывчатую смесь искры или открытого огня, либо соприкосновения накаливаемого тела со смесью.

Обычно источниками создания взрывчатой смеси в помещении или в топке и дымоходах, а также источниками опасности отравления является негерметичность газопроводов, арматуры и газовой аппаратуры.

Источниками искры и огня могут быть сами горелки или раскаленная кладка топки, а также искрообразующие электроприборы и электроаппараты, расположенные в газифицированном помещении.

Чем меньше размеры газифицированного помещения и меньше воздухообмен, тем скорее при утечках в нем может возникнуть

взрывоопасная концентрация и тем более правильно устроенная и надежно работающая вентиляция.

1.7 Газоопасные работы и надзор за газовым хозяйством промышленных предприятий

Газоопасными являются те работы, которые вынужденно выполняются в загазованной атмосфере или при угрозе загазовывания ее, когда возможен выход значительного количества газа из газопроводов и агрегатов.

По степени опасности газоопасные работы различны. К таким работам относятся:

а) ввод в эксплуатацию газопроводов, газорегуляторных станций и пунктов, газифицированных агрегатов и приборов промышленных предприятий, водогрейных и паровых котлов на газовом топливе (так называемый «пуск газа»);

б) присоединения вновь проложенных газопроводов к действующим газопроводам без отключения их от газа («врезка под газом»);

в) ремонт действующих газопроводов как наружных, так и находящихся в помещениях без отключения их от газа;

г) заполнение сжиженным газом резервуаров (цистерн) на газораздаточных станциях и групповых установках, а также их ревизии и ремонты;

д) установка и снятие заглушек и смена прокладок во фланцевых соединениях на газопроводах, находящихся под газом;

е) продувка и прочистка действующих газопроводов;

ж) ревизии и ремонты без применения сварки и газовой резки действующих газопроводов и их арматуры в колодцах, тоннелях и т. п. без отключения их от газа;

з) внутренние осмотры и ремонты топок и дымоходов котлов, промышленных печей и других агрегатов, работающих на газовом топливе;

и) выявление и устранение утечек газа в аппаратуре.

Если возникает необходимость производить какие-либо работы в газоопасной среде, то весь персонал обязательно должен применять средства индивидуальной защиты (изолирующие противогазы) с назначением защитить дыхательные органы от отравленного воздуха.

Изолирующие противогазы являются универсальными и полностью защищают дыхание человека от всех отравляющих веществ.

По характеру исполнения они бывают шланговые или кислородные. Существующие также фильтрующие противогазы не универсальны и разные их типы предназначены для защиты от разных отравляющих веществ, в связи, с чем применение их в газовом хозяйстве запрещено.

Все газоопасные работы должны вестись бригадой в составе не менее двух человек под руководством техника или инженера. К газоопасным работам допускается: только персонал, специально обученный газовому делу. Сдавшие экзамены по знанию правил техники безопасности в газовом хозяйстве. Сотрудники, которые имеют соответствующие удостоверения.

На каждом промышленном предприятии, а также в крупных газифицированных цехах в качестве лица, ответственного за газовое хозяйство, выделяется специально обученный инженерно-технический работник.

Как правило, на газоопасную работу должен составляться наряд по специальной форме, предусмотренной правилами техники безопасности в газовом хозяйстве, в наряде, подписываемом лицом, ответственным за это хозяйство, указывается характер работы, время начала и окончания работы, состав бригады, а также предписывание обязательные меры безопасности при проведении заданной работы. Персонал, направляемый на газоопасную работу, до ее начала проходит соответствующий инструктаж. Исключением являются работы по ликвидации аварий, которые производятся без наряда до тех пор, пока не устранена прямая угроза людям и материальным ценностям.

Во всех помещениях, где проводятся газоопасные работы, не должно быть открытого огня и искрения; вход в них посторонним лицам должен

быть запрещен. Кроме того, такие помещения должны хорошо вентилироваться. Переносные электролампы допускается применять только во взрывобезопасном исполнении.

Газоопасные работы необходимо выполнять с помощью специальных инструментов, не дающих искрообразования (из цветных металлов, обмедненных или луженых). Рекомендуется застилать полы резиновыми ковриками или фанерой, что предохранит от искрообразования при случайном падении деталей газового оборудования, инструмента или арматуры. Газоопасные работы, как правило, следует производить в дневное время, за исключением работ по ликвидации аварий.

В обязанности ответственного за газовое хозяйство предприятия или крупного цеха входят следующие основные функции:

- организация систематического контроля и надзора за бесперебойной и безопасной работой газопроводов и газового оборудования согласно техническим нормам;
- условиям и инструкциям по эксплуатации;
- обеспечение всего эксплуатационного персонала соответствующими утвержденными инструкциями по газовому хозяйству;
- оперативное руководство всем газовым хозяйством объекта; организация обучения персонала знанию правил и инструкций по газовому хозяйству;
- руководство газоопасными работами;
- обеспечение проведения планово-предупредительных ремонтов газопроводов и газового оборудования;
- ведение контроля над рациональным использованием газа;
- разработка и контроль над соблюдением удельных норм расхода газового топлива;
- организация учета потребления газа.

Ответственный за газовое хозяйство должен иметь необходимую техническую документацию: утвержденный проект газификации,

исполнительные чертежи газопроводов и установки газового оборудования, паспорта газооборудования, акты приемки и ввода в эксплуатацию, графики плановых осмотров и ремонтов, эксплуатационные инструкции и т. п.

1.8 Анализ факторов, влияющих на безопасность технологического процесса эксплуатации газовой нагревательной камерной печи

Вследствие неполного сгорания, наиболее большая часть тепла теряется, уходящими дымовыми газами; через кладку печи и другим. Размер потерь в большей мере зависит об обслуживание на рабочем месте.

Что такое КПД. Тепло, приобретенное от сгорания топлива полностью отработав, для нагревания металла, этим самым достигнем более высокого КПД. Определение и подсчет отдельных статей приходящего и расходуемого тепла называют составлением теплового баланса печи. КПД основных типов печей в зависимости от размеров, особенностей конструкции и степени использования тепла, отходящих печных газов составляет: камерных без рекуператоров 10-15%, с рекуператорами 19-30%, методических и полуметодических соответственно 15-30% и 35-40%.

Работа на этих печах требует особого внимания, так как топливо, кроме отравляющих свойств, обладает способностью легко образовывать при соединении с воздухом взрывчатую смесь.

Ниже приведен тепловой баланс нагревательной печи с рекуператором, работающей на мазуте данные, указаны в таблице 1.1 [3].

Таблица 1.1 – Тепловой баланс нагревательной печи с рекуператором

Приход тепла, %	Значения	Расход тепла, %	Значения
1	2	3	4
От горения топлива	88,8	На нагрев заготовок	28,8

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
С воздухом от рекуператора	9,5	Потери через окно и неплотности	10,7
От горения металла (угар)	1,7	Потери от неполного сгорания и неучтенные потери	11,4
Итого	100,0	Потери с уходящими дымовыми газами	47,5
		Итого	98,4

Поэтому правила безопасной работы сводятся к следующему:

- магистраль газопровода периодически проверяют на герметичность установленными средствами контроля (например, мыльным раствором);
- для остановки работы газовой печи вначале прекращают подачу газа, затем перекрывают подачу воздуха;
- в случае прекращения подачи воздуха немедленно прекращают подачу газа;
- для предупреждения взрыва в печи при розжиге перед тем, как вводить в холодную газовую или мазутную печь открытое пламя или раскаленный металл, необходимо ее провентилировать воздухом;
- у печей, работающих с недожогом топлива на режиме безокислительного нагрева заготовок, необходимо строго следить за работой вытяжных зонтов и завес, обеспечивающих удаление продуктов неполного сгорания (угарный газ) в связи возможной их утечки [4].

2 Анализ методов обеспечения безопасности технологических процессов при эксплуатации газовой нагревательной камерной печи

2.1 Основные мероприятия по технике безопасности при работе на газовом топливе

Подготовка к пуску агрегатов на газе. Наладка горелочных устройств и автоматики печей производится при первичном пуске агрегатов на газовом топливе, а также может выполняться при нарушении регулировки их вследствие изменения теплоты сгорания газа, ремонта, продолжительного перерыва в пользовании или по другим причинам. При первичном пуске в объем наладочных работ также включаются продувка газопровода и сушка агрегата [5].

Первичный пуск агрегатов на газе производится только при наличии пускового акта, выдаваемого технической инспекцией. Эксплуатирующей газовое хозяйство организации, после проверки: соответствия котельной или производственного помещения техническим условиям, установленным для работы на газовом топливе, качества выполненных монтажных работ и соответствия их проекту, испытания газопроводов и оборудования на прочность и плотность, наличия подготовленного персонала и необходимой документации.

При первичном пуске или после ремонта наладочному персоналу обязательно следует убедиться в соответствии выполненных монтажных работ проекту, в качестве этих работ и в готовности агрегата в целом, включая вспомогательное оборудование. Все выявленные недоделки, дефекты монтажа или изготовления газового оборудования должны быть устранены до пуска газа.

Первым этапом работ первичного розжига агрегатов является пуск имеющегося газорегуляторного пункта и продувка участка газопровода до горелок.

Регулятор давления газа настраивается согласно проекту на выходное давление, требуемое для нормальной работы газовых горелок. Предохранительный газовый клапан должен находиться в открытом положении при наличии в газопроводе после регулятора требуемого давления газа на всем рабочем диапазоне давлений, обеспечивающих безопасную работу газовых горелок и автоматики.

Параметры настройки регулятора давления газа и предохранительного газового клапана устанавливаются наладочным персоналом, а при отсутствии его – администрацией предприятия. При работе горелок на низком давлении газа предохранительный газовый клапан обычно настраивают на минимальное давление 20 мм водн., ст. и максимальное давление 300...500 мм водн., ст. [6].

Продувку газопроводной системы необходимо сделать с помощью продувочных свечей, расположенными рядом с газовыми горелками и рядом с клапаном отсекаателя. Для продувки газопроводной системы необходимо закрыть все шиберы перед горелками, а вентиль продувочной свечи необходимо открыть. Необходимо контролировать давление в газопроводной системе оно должно быть в норме, так же необходимо перевести предохранительный клапан в открытое состояние. Операцию по продувке газопроводной системы от воздуха, необходимо проводить до полного удаления кислорода в атмосферу.

По завершению операции продувки газопроводной системы необходимо проводить пробы содержания кислорода в газе, которые необходимо отбирать рядом с заслонкой малого сопротивления. При отборе проб газа, если показатель кислорода менее одного процента, то система продувки является завершённой, в связи более высоким содержанием кислорода в системе газопровода необходимо продолжить продувку, с последующим повторным забором анализа кислорода в системе газопровода.

Если газоанализатор отсутствует, то самым верным и простым способом проверки содержания кислорода в системе будет: запальник

необходимо поместить в емкость с мыльной водой, для образования пены необходима небольшая подача газа. После образование пены в емкости необходимо изъять запальник и прекратить подачу газа через запальник. Завершающим этапом проверки является то, образовавшуюся пену насыщенную газом необходимо поджечь в нерабочей зоне.

При воспламенении газа в мыльных пузырях будут без хлопков, продувку газопроводной системы можно считать завершённой. Если газ все-таки воспламеняется с хлопками, то необходимо продолжить продувку и повторно произвести проверку.

После процедур продувки и проверки систем газопровода на всех участках и этапах, можно смело преступать к розжигу горелок, а также к сушке агрегата, если не было прессовки, не снимались заглушки, так как не было необходимости в этом. Целостность в газопроводной системе контролируется за счет мыльного раствора, наносится на стыки: отсутствие пены образования на стыках, говорит о целостности трубопровода. В идеале плотность газопровода проверяется газоанализатором.

Газовые горелки розжигают в соответствии с инструкцией, в зависимости от типа.

Первой операцией по пуску печи является сушка для удаления влаги, содержащейся в футеровке, обмуровке и изоляции, и равномерного прогрева до рабочей температуры массива кирпича и металлических конструкций агрегатов. Во избежание неравномерности прогрева и для предотвращения появления трещин сушка агрегата и разогрев его до рабочего режима должны производиться постепенно.

Продолжительность сушки зависит от многих факторов. Основными факторами является, химический состав огнеупорного материала, конструкция, период монтажных работ и от срока запуска начала запуска печь в производство [7]. Для агрегатов, сложенных поздней осенью и зимой, сроки удлиняются на 10...20%.

При пуске на газовом топливе агрегатов после непродолжительной остановки время разогрева сокращается и определяется местными условиями.

При первичном пуске новых, вводимых в эксплуатацию, агрегатов необходимо составлять график сушки и разогрева с указанием времени в часах и температуры в топке. График должен составляться наладочной организацией и согласовываться с администрацией предприятия. Подъем температуры в топке контролируют термомпарами.

Регулировать температуру разогрева агрегатов можно путем изменения давления газа или последовательного подключения горелок. Для получения более равномерного нагрева агрегата целесообразно проводить сушку при длинном факеле пламени, получаемом при подаче в горелки лишь части необходимого для горения воздуха и поступлении остального воздуха в топку.

Наладка газогорелочных устройств. Наладка газового оборудования печей заключается в наладке работы газогорелочных устройств и приборов газовой автоматики [9].

Общими требованиями при наладке приборов газовой автоматики являются проверка их работоспособности, устранение возможных неисправностей и достижение приборами показателей, регламентированных техническими условиями или паспортами оборудования.

Способы проверки исправности автоматики, возможные неисправности и пути их устранения обычно излагаются в эксплуатационных инструкциях, технических условиях или паспортах оборудования. Обязательным условием проведения указанных работ является первоочередная наладка приборов автоматики безопасности (до автоматики регулирования).

Наладка газогорелочных устройств имеет своей целью определение оптимальных параметров (расхода газа, давления газа и воздуха, величины тяги) для наиболее рационального осуществления возможных режимов работы агрегата.

В качестве номинального принимают режим, который обеспечивает, самую максимальную теплопроизводительность печи в течение длительной эксплуатации при соблюдении заданной температуры нагрева воды, параметров пара или технологических параметров работы агрегатов. Номинальный режим должен обеспечивать достижение проектных или паспортных показателей.

В некоторых случаях в зависимости от состояния агрегата, производительности установленных газовых горелок и условий устойчивой их работы режим, рекомендуемый в качестве номинального, может несколько отличаться в ту или иную сторону.

Иногда при наладке также определяют предельно допустимые режимы работы газогорелочных устройств – минимальный и максимальный [10].

При наладке соответствующего режима работы агрегата и газогорелочных устройств, ставится задача достижения возможно более высокого КПД агрегата при устойчивой его работе и получении требуемых технологических параметров.

Повышение КПД достигается сохранением температурного уровня и подогрева воздуха, а в некоторых случаях и в окружающую среду.

Весьма существенно при наладке определить минимально необходимое количество воздуха, обеспечивающего полноту сжигания газа.

При наличии подсосов через неплотности корпуса печи, которые невозможно устранить при наладке, уходящие газы у заслонки могут быть разбавлены подсасываемым воздухом. В этих случаях для наладки процесса горения газа целесообразно отбирать продукты сгорания для анализа на выходе из топки водоохлаждаемой газозаборной трубкой.

Холодная вода подается из водопровода в газозаборную трубку, откуда она после нагрева отводится в канализацию. В случае отбора продуктов сгорания через нагретую до высокой температуры металлическую трубку в ней могут догорать горючие компоненты газа за счет неиспользованного кислорода и, кроме того, может уменьшаться содержание кислорода в

отходящих газах (вследствие окисления металла), что исказит результаты анализа. Отобранную пробу продуктов сгорания можно анализировать на специализированных аппаратах или газоанализаторах.

Опыт пуско-наладочных и испытательных работ показал, что при сжигании газа в топках печей в рекомендуемом интервале коэффициентов избытка воздуха практически достигается химическая полнота сгорания газа. С достаточной точностью можно контролировать химическую полноту сгорания путем анализа на газоанализаторе проб продуктов горения, отобранных в газоотборные пипетки. На этих аппаратах можно определить содержание в продуктах сгорания CO , H_2 и CO_2 , встречающихся при химической неполноте сгорания.

Причиной химической неполноты сгорания могут быть: нехватка необходимого воздуха для горения, или же излишек воздуха, поступающего в топочное отделение печи, вследствие чего происходит охлаждение, все это может привести к неоднородности смешивания кислорода с газом, охлаждение факела холодными поверхностями. При выявлении химической неполноты сгорания необходимо определить причину образования химического недожога и принять меры к его устранению.

Для стабильного пламени в нагревательной печи необходимо регулировать подачу воздуха и газа, с помощью заслонок малого сопротивления, шиберами или кранами. Подачу газа в горелки регулируют с помощью заслонок малого сопротивления. Для того чтобы снизить инжектируемый воздух, который подается в горелку, становится возможным остановкой подачи кислорода либо увеличить пропускную способность системы подачи. Для того чтобы увеличить инжектируемый воздух, который подается в горелку, для эффективного повышения теплоты газа либо низкой инжекционной функциональностью горелок, необходимо уменьшить пропускную способность системы подачи, что бы тепловая мощность горелок осталась на высоком уровне, необходимо увеличить давление газа в системе.

После изменения диаметра форсунок надо повторно отобрать пробы и произвести анализ продуктов сгорания газа. Для нормальной работы инжекционных горелок низкого давления важно правильное положение горелочных насадков в топке: они должны располагаться таким образом, чтобы было обеспечено хорошее равномерное омывание всех факелов пламени вторичным воздухом.

При наладке газовых горелок различных конструкций необходимо обращать внимание на качество изготовления и монтажа, по возможности устраняя дефекты, влияющие на качество сжигания (неправильную центровку форсунок, низкокачественное изготовление насадков, перекосы при монтаже, неровную поверхность инжектора и т.п.) [11].

В ходе работ очень важно контролировать разряжение в топке, так как это позволит нам достичь обеспечения стабильной работы оборудования. Однако перед заслонкой малого сопротивления, разряжение должно быть на комфортном уровне для удаления отработанных газов в атмосферу. Степень разрежения необходимо контролировать перед заслонкой малого сопротивления, а также перед топкой.

При наладке газогорелочных устройств особенно важно достичь устойчивой работы горелок (отсутствия явлений проскока и отрыва пламени), руководствуясь эксплуатационными инструкциями.

В печах, сушилах и других агрегатах иногда задается состав или температура продуктов сгорания. При наладке работы газогорелочных устройств этих агрегатов необходимо руководствоваться технологическими требованиями, принятыми по ГОСТу.

Результаты наладки с указанием рекомендуемых режимов работы газогорелочных устройств и теплотехнических показателей работы агрегата записываются в пусковой акт.

Текущий контроль работы газогорелочных устройств. При сжигании газового топлива предъявляются требования: получения наивысшего теплосъема с агрегатов, работы агрегатов с максимальным КПД надежности

эксплуатации, безопасного действия оборудования и т.п. Часть этих требований предъявляется обычно при сжигании любого топлива, требования в части безопасности вытекают из специфики газового топлива.

Для обеспечения наибольшего эффекта от сжигания газового топлива и безопасных условий эксплуатации необходимо соблюдение режима работы, рекомендованного при наладке, что возможно при постоянном эксплуатационном контроле процесса горения.

Текущий эксплуатационный контроль работы газогорелочных устройств осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов и визуальных наблюдений. Номенклатура контрольно-измерительных приборов, устанавливаемых в газифицированных цехах промышленных предприятий, зависит от мощности газопотребляющих промышленных агрегатов, конструкции газогорелочных устройств и квалификации персонала, обслуживающего приборы. Однако некоторые приборы, не требующие систематического квалифицированного обслуживания, должны находиться во всех котельных и цехах. Этими приборами являются счетчики или расходомеры для учета количества сожженного газа. Используются манометры для измерения давления газа и воздуха. Тягомеры для измерения разрежения в топках и перед шиберами. Так же термометры для измерения температуры воды в котлах и в обратных линиях при наличии водогрейных котлов, манометры для измерения давления, приборы для измерения температуры перегрева, приборы технологического контроля работы промышленных агрегатов.

Ротационные счетчики, служащие для учета количества израсходованного газа, выбираются, в зависимости от его расхода. В случае больших расходов газа могут быть установлены несколько ротационных счетчиков, присоединенных параллельно, или расходомеры [12, 13].

Расходомеры предназначены для измерения и записи расхода газа. Датчиками импульса служат диафрагмы, устанавливаемые на прямых

участках газопровода. Обычно в качестве расходомеров используются приборы поплавковые самопишущие дифманометры.

Для внесения поправок на давление и температуру газа на газопроводах перед счетчиками или расходомерами устанавливаются манометры и термометры.

Учет израсходованного газа согласно ГОСТ 2939-45 производится в м³, приведенных к (20°C) и 760 мм ст.

При установке расходомеров расходомерные шкалы дифманометров градуируются по какой-то принятой за среднюю величину плотности измеряемой среды.

При изменении параметров (давления, температуры или состава) плотность среды меняется и, следовательно, показания расходомера будут отличаться от действительного расхода.

Давление газа измеряют в газопроводах низкого давления U-образными манометрами с водяным, а среднего давления – с ртутным заполнением. Для газа среднего давления также можно применять пружинные манометры со шкалой делений, позволяющей производить измерения в рабочем диапазоне давлений. Давление воздуха измеряют U-образными манометрами с водяным заполнением или мембранными профильными напоромерами с соответствующей шкалой.

Термометры и манометры, применяемые для измерений температуры воды или давления пара, должны иметь шкалы, соответствующие требуемым пределам измерений.

У крупных промышленных агрегатов или у агрегатов, не допускающих значительных отклонений от требуемых технологических режимов, кроме приведенных выше приборов, необходимо устанавливать термопары для измерения температур уходящих газов перед шибером или в соответствующих зонах рабочих объемов агрегатов и газоанализаторы для определения содержания углекислоты или кислорода в уходящих газах.

Пирометрические милливольтметры к термопарам могут быть щитовыми показывающими или самопишущими.

Для автоматического определения содержания двуокиси углерода (CO_2) в уходящих газах рабочей зоне промышленных агрегатов устанавливаются автоматические газоанализаторы.

Очень удобно контролировать характер горения газа и состав уходящих газов путем анализа продуктов горения на содержание в них кислорода.

Для автоматического определения содержания кислорода (O_2) в уходящих газах котлов или рабочей зоне промышленных агрегатов можно устанавливать газоанализаторы магнитного типа или другие [13, 14].

Для контроля за процессом горения газа в промышленных агрегатах, а также при необходимости получения продуктов горения требуемого состава целесообразна установка газоанализаторов обоих типов для определения содержания CO_2 и O_2 .

Для лучшего обеспечения требуемых режимов работы газогорелочных устройств желательно вывесить у каждого промышленного агрегата таблицы с указанием рекомендуемых режимов, давлений газа и воздуха, расхода газа, температуры уходящих газов, содержания углекислоты или кислорода, разрежения и т.п.

Для возможности повседневного мониторинга газогорелочных устройств обязательно ведение эксплуатационным персоналом журнала работы. В журнал должны записываться основные показатели: количество работающих агрегатов, давление газа и воздуха перед горелками, расход газа, разрежение, температура уходящих газов, содержание углекислоты и другие параметры, характеризующие работу газогорелочных устройств или агрегатов. При отсутствии газоанализаторов необходимо визуально контролировать характер горения газа в топке. При изменении теплоты сгорания газа или по другим причинам возможны нарушения режима горения. В этих случаях наладка требуемого режима горения осуществляется

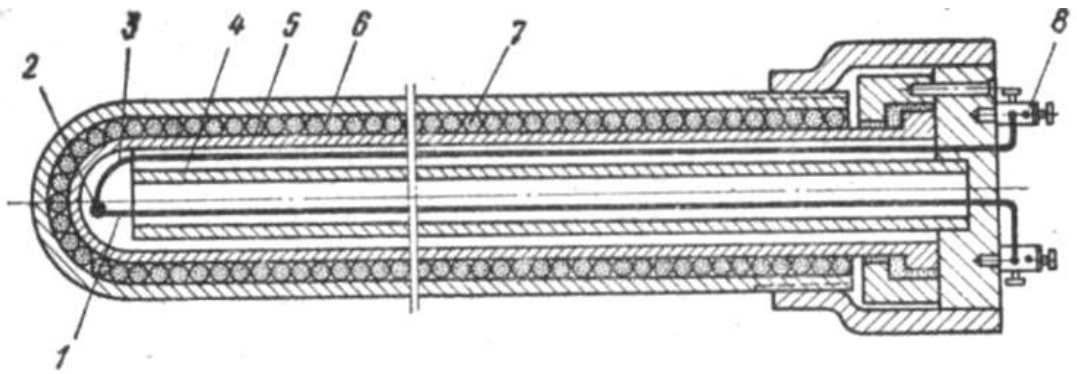
визуально, по характеру горения, согласно соответствующим эксплуатационным инструкциям. Все изменения в режимах работы газогорелочных устройств должны своевременно записываться в журнал работы.

2.2 Контрольно-измерительные приборы и система автоматизации для безопасной работы газовой печи

Контроль режимов нагрева металла и работы нагревательных печей осуществляется контрольно-измерительными приборами. Приборы контролируют температуру печи, определяют состав продуктов горения, измеряют давление печных газов в дымоходах и определяют расход топлива. Температура измеряется термоэлектрическими пирометрами или термопарами, оптическими и рациональными пирометрами [16, 17].

Для измерения температур в нагревательных печах применяют термопары. Действие термопары основано на возникновении термоэлектродвижущей силы. Сущность этого явления заключается в том, что в спае двух концов проводников из разных материалов или сплавов при нагреве возникает термоэлектродвижущая сила (термо-ЭДС). Если к другим концам этих проводников подключить чувствительный гальванометр, то он покажет величину термо-ЭДС

На рисунке 2.1 показано устройство термопары. Спаянные в точке 2 между собой разнородные проводники, образующие главный элемент термопары, называют электродами. Электрод 3 изготовлен из платиновой проволоки, а электрод 1 – из платинородиевой. Трубка 4 разделяет и изолирует два электрода один от другого. Спаянные проволоки с трубкой 4 устанавливают в фарфоровую трубку 5, которую обвертывают асбестовым шнуром 7 для теплоизоляции. Эту конструкцию помещают в металлический жаропрочный кожух 6.

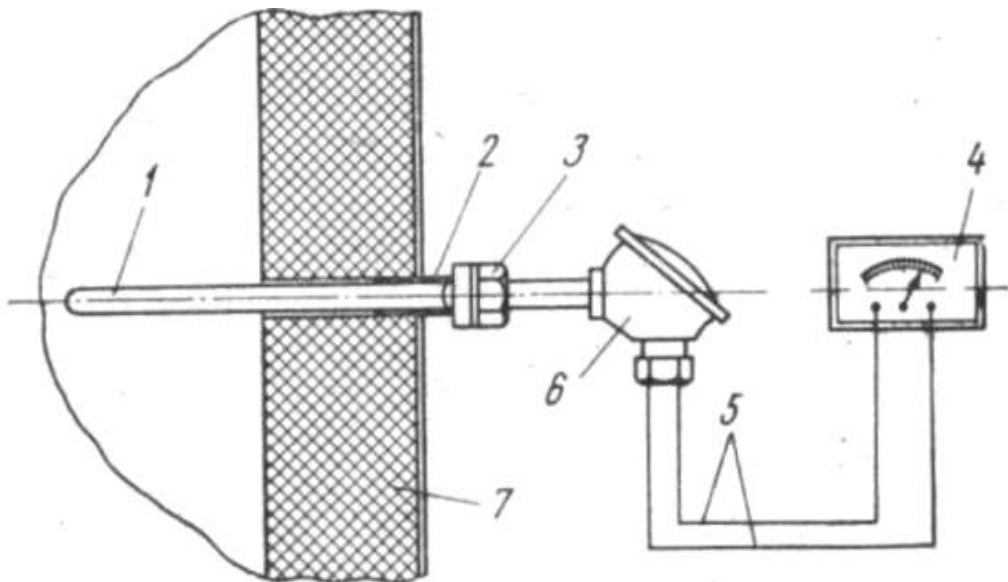


1,3 – электроды; 2 – точка спая; 4 – фарфоровая трубка; 5 – фарфоровая трубка с закрытым концом; 6 – кожух из жаропрочной стали; 7 – асбестовый шнур; 8 – клеммы

Рисунок 2.1 – Устройство термопары

Другие концы электродов выходят из головки кожуха к клеммам 8. Клеммы подсоединяют к проводам, идущим к гальванометру. Гальванометр по термо-ЭДС указывает температуру в рабочем пространстве печи.

На рисунке 2.2 приведена схема установки термопары для измерения температуры в рабочем пространстве печи. Термопара спаем помещается в печь в том месте, где требуется замерить температуру.

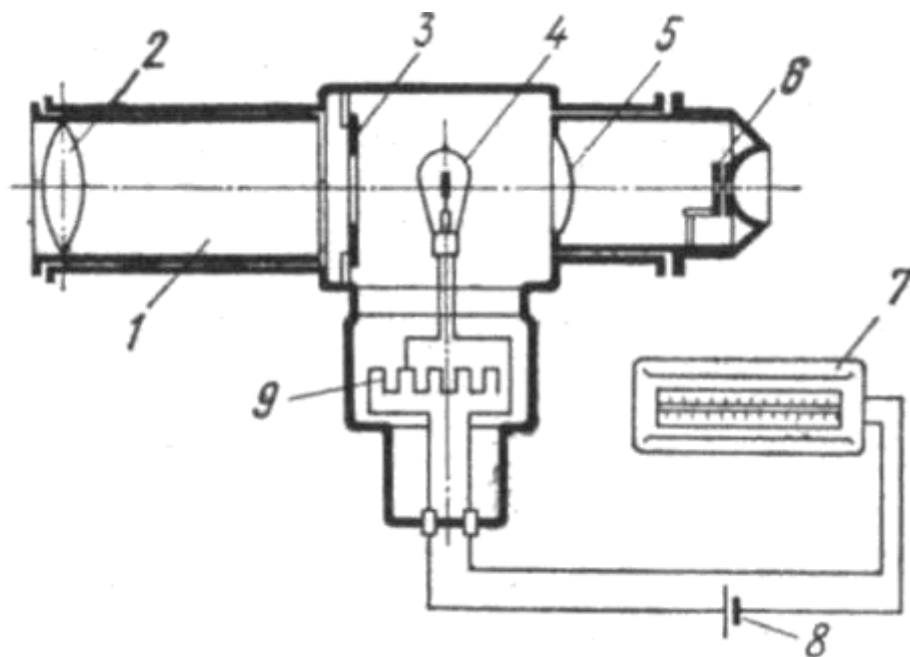


1 – термопара; 2 – труба; 3 – муфта; 4 – гальванометр; 5 – электропровода;
6 – головка термопары; 7 – стенка печи

Рисунок 2.2 – Схема установки термопары в печи

Для измерения температуры нагрева металла применяют пирометры излучения: оптический с исчезающей нитью ОППИР-55, радиационные РП, ПРК-600, РАПИР и фотоэлектрический ФЭП-3. Предел измерений температур этих приборов от 400 до 2000°С.

Схема оптического пирометра изображена на рисунке 2.3. Пирометр состоит из зрительной трубы 1, внутри которой помещается объектив 2, светофильтра 3, окуляра 5, красного светофильтра 6, электрической лампы 4 с нитью накаливания, реостата 9 и миллиамперметра 7. Объектив 2 и окуляр 5 подвижен, с их помощью настраивают на четкое изображение объекта. Лампа 4 соединена с реостатом 9, который находится в рукоятке прибора с источником тока 8. Источник тока служит для накаливания нити лампы. Шкала миллиамперметра 7 градуирована на температуру в градусах Цельсия.



- 1 – зрительная труба; 2 – объектив; 3 – светофильтр; 4 – электрическая лампа с нитью накаливания; 5 – окуляр; 6 – красный светофильтр;
7 – миллиамперметр; 8 – источник тока; 9 – реостат

Рисунок 2.3 – Схема оптического пирометра

Оптическим пирометром ОППИР-55 можно измерять температуру горячего металла с погрешностью не более $\pm 21^{\circ}\text{C}$. Если для измерения применять потенциометр, то погрешность измерений снижается до $\pm 13^{\circ}\text{C}$.

Радиационные пирометры применяют для автоматического контроля, регистрации и регулирования температуры в рабочем пространстве печей. Теплочувствительный элемент этого прибора – спай хромелькопе - концы, которых имеют вид левых термопар, рабочие звездочки или крестовины.

Фотоэлектрические пирометры предназначены для измерения температуры металла, выданного из печи. Эти приборы применяют для контроля температур и при индукционном нагреве. Принцип действия фотопирометра основан на зависимости тока фотоэлемента от температуры источника излучения, освещающего фотоэлемент.

Для контроля давлений печных газов в рабочем пространстве и в дымоходах печи применяют манометры. Жидкостными приборами измеряют давления от $98,1 \text{ Н/м}^2$ до $9,81 \text{ кН/м}^2$ (от 10 до 1000 мм вод, ст.).

Микроманометры U-образной формы заполняют ртутью и соединяют резиновым шлангом с дымоходом или рабочим пространством печи, где требуется определить давление печных газов. Уровень жидкости устанавливается в зависимости от рабочего давления газов в измеряемой области.

На рисунке 2.4 показан микроманометр для измерения давления. По разности высот уровней судят о давлении газов в измеряемой области.

Автоматика нагревательной печи в своей основе имеет контроллер, к которому подключается датчик температуры печи и исполнительные механизмы. В случае с газовой печью устанавливаются пропорциональный газовый клапан для смесеобразования газ - воздух, датчики загазованности, потока и давления воды. Управление системы должно происходить с локального пульта управления (LCS) и персонального компьютера. Этим самым разделяют местное и удаленное управление оборудованием. Как правило, при работе печи в автоматическом режиме, все манипуляции

выполняются с персонального компьютера. При возникновении аварийных ситуаций оборудованием можно управлять в ручном режиме, непосредственно находясь возле него [18].

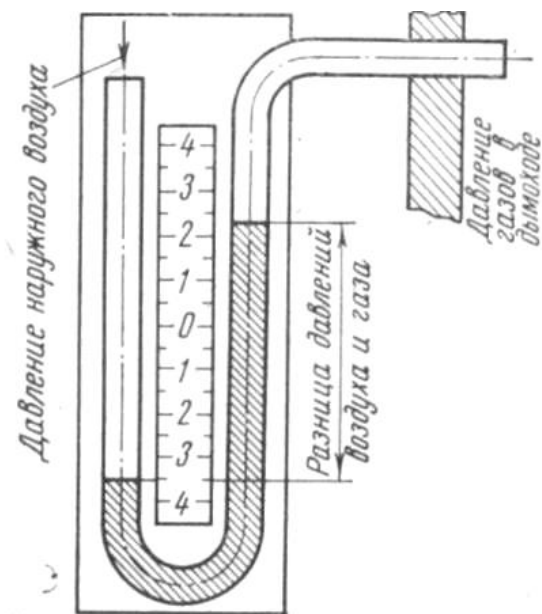


Рисунок 2.4 – Микроманометр для измерения давления

На рисунке 2.5 изображен принцип работы и автоматика безопасности нагревательной печи. Как видно для полноценного функционирования системы недостаточно будет применение датчика температуры и газовой горелки или электрического ТЭНа [19].



Рисунок 2.5 – Оборудование системы автоматизации

Для обеспечения стабильного температурного режима в нагревательной печи можно применять терморегулятор ОВЕН ТРМ. С помощью этого прибора можно измерять температуру и отдавать команды передавать данные на внешние устройства. К примеру, терморегулятор ОВЕН ТРМ202 имеет встроенный интерфейс связи RS-485. На рисунке 2.6 изображен прибор в варианте щитового исполнения [20].



Рисунок 2.6 – Терморегулятор ОВЕН ТРМ202

На рисунке 2.7 представлена схема подключения терморегулятора ОВЕН ТРМ202.

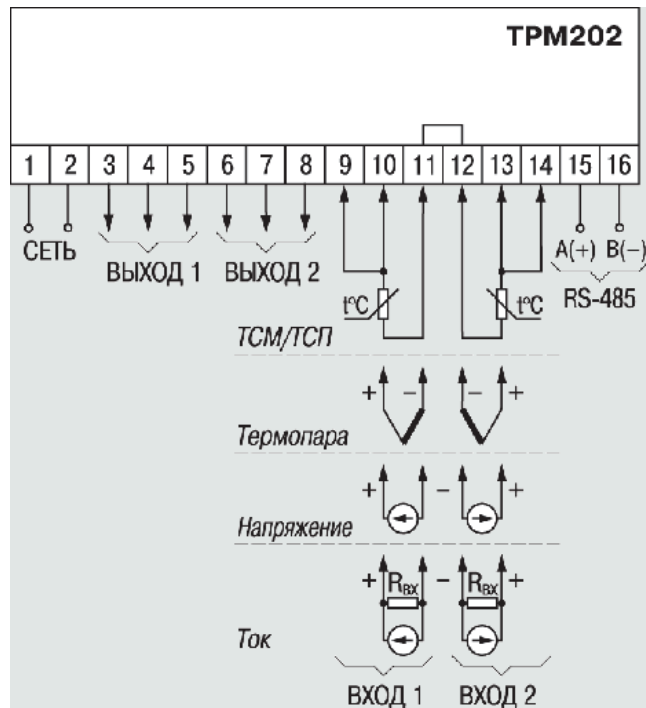


Рисунок 2.7 – Схема подключения терморегулятора ОВЕН ТРМ202

Как видно на схеме, прибор может работать с термопарами и активными датчиками с унифицированным сигналом. Терморегулятор может измерять сигналы с двух входов или выдавать разницу показаний термопар.

Подключение термопары может быть выполнено как к удаленному аналоговому модулю PLC, так и к микроконтроллеру. В последнем случае сигнал следует обработать и усилить, как на рисунке 2.8. Датчик температуры печи подключается к контроллеру через аналоговые модули связи.

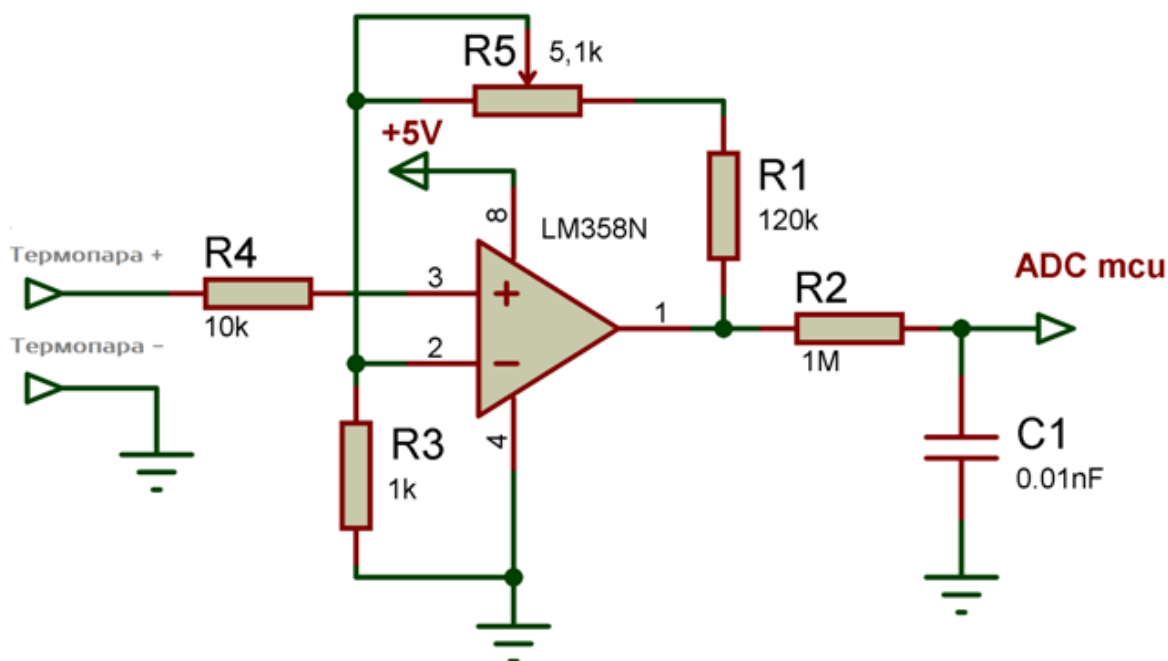


Рисунок 2.8 – Подключение термопары

В жестких условиях работы, обычно применяется термопара печей типа РТ-100 и им подобные.

Есть несколько видов термопар, в зависимости от состава используемого материала (сплав или чистый металл). К примеру, термопара К-типа часто можно встретить в промышленных приборах и инструментах. Напряжение на выходе прибора может составлять $40\text{ мкВ}/^\circ\text{C}$, поэтому такой слаботочный сигнал требуется в усилении.

Термо-ЭДС пропорционально перепаду температур между горячим и холодным сплавом. Для получения значений с термопары можно применить схему как на рисунке 2.8. Подключение термопары происходит на прямой вход ОУ. Но есть и специализированные микросхемы, у которых есть входы под данные типы термопар. К примеру, можно выбрать прибор MAX31855 от фирмы Maxim. Это микросхема имеет встроенный АЦП, что позволяет с ее выхода снимать цифровой сигнал [21].

Основные характеристики прибора MAX31855:

- разрешение: 14 бит, с шагом ($0.25\text{ }^\circ\text{C}$);
- диапазон измерения от ($-270\text{ }^\circ\text{C}$) до ($+1800\text{ }^\circ\text{C}$);

- компенсационная схема опорного спая термопары;
- SPI-совместимый интерфейс;
- поддерживание термопар типов К, J, N, Т и Е.

Для компенсации холодного спая в микросхему был интегрирован температурный датчик. По этой причине очень важно расположить микросхему недалеко от разъема подключения термопары.

MAX31855 можно подключать напрямую к микроконтроллеру по SPI интерфейсу, который работает только в режиме чтения данных.

Датчик угарного газа в автоматике безопасности нагревательной печи. Угарный газ нельзя увидеть или определить на запах, поэтому для обеспечения безопасности рабочего персонала необходимо устанавливать специализированные датчики CO. Если нагревательная печь работает с нарушениями технологических режимов или она повреждена, то около нее образуется опасный слой CO, концентрация которого можно определить с помощью датчика TGS5042 компании Figaro Engineering.

На рисунке 2.9 представлена плата с подключенным датчиком углекислого газа. По сравнению с «сухими» датчиками у TGS5042 потребление активных веществ, практически отсутствует. Прибор способен долгое время формировать точные сигналы без какого-либо обслуживания. Данные о концентрации угарного газа выдаются по токовому интерфейсу, что делает прибор еще удобней в использовании. Для полной калибровки датчика достаточно 10 минут [22].



Рисунок 2.9 – Плата с подключенным датчиком угарного газа

3 Разработка методов обеспечения безопасности газовой нагревательной камерной печи на примере ПАО «Волгоцеммаш»

3.1 Патентный обзор предлагаемых вариантов камерных печей

Был проведен патентный поиск по похожим изобретениям по теме диссертации.

«Патент РФ 2632049 – Камерная печь с выкатным подом» [37].

«Изобретение относится к камерной печи с выкатным подом. Камерная печь содержит торцевую стену, выкатной под, выполненный с бортовым обрамлением и горизонтально установленным ножом со скошенной кромкой, и тепловой затвор, установленный под бортовым обрамлением пода. Тепловой затвор выполнен в виде несущих поверхностей, между которыми установлена основа с послойно уложенным в ней уплотняющим материалом с возможностью вхождения между его слоями упомянутого ножа, указано на рисунке 3.1. Выкатной под, содержит несущую поперечную балку, которая скреплена с бортовым обрамлением пода и к которой приварен упомянутый нож. Торцевая стена печи содержит разгрузочную арку с зафутерованными под ней керамоволоконными блоками. Уплотняющий материал зафиксирован на несущих поверхностях нержавеющей стали для предотвращения его выпадения при возвратном движении пода. В результате, обеспечивается повышение надежности уплотнения, торца пода печи.

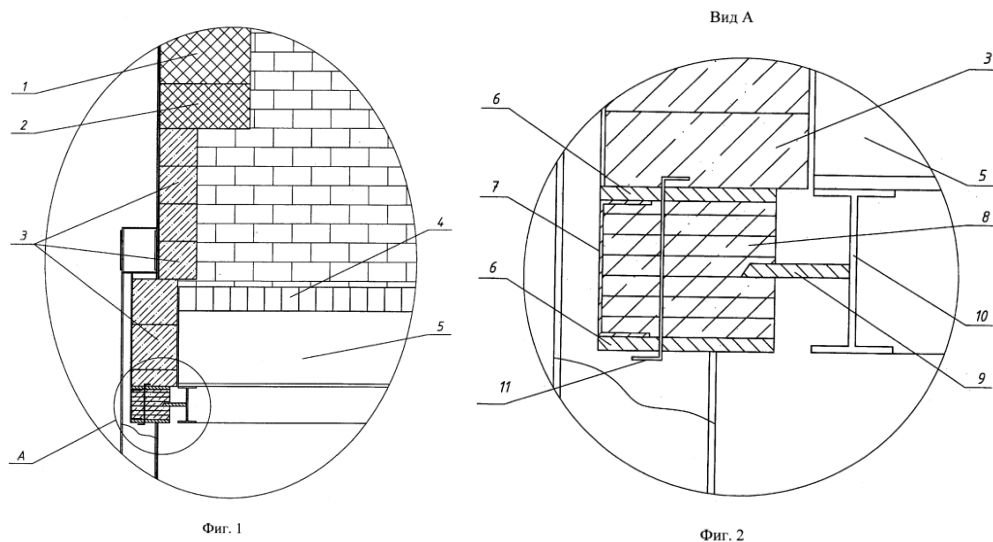


Рисунок 3.1 – Фигуры 1 - 2 к патенту РФ 2632049

Изобретение относится к области конструкции камерных печей с выкатным подом, осуществляющих возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости относительно каркаса печи и применяемых при термообработке металлов» [37].

«Известна печь с выкатным подом, содержащая тепловой затвор, смонтированный на каркасе печи короб, нож, прикрепленный к поду печи, и уплотнитель, закрепленный по всей длине ножа, выполненный в виде свободно висящей асбестовой ткани, доходящей до дна короба» [37].

«Недостатком является невозможность использования теплового затвора для уплотнения торца пода печи, поскольку заявленный затвор может работать только при продольном перемещении уплотнителя относительно оси короба. При поперечном перемещении уплотнителя, т.е. при расположении его в торце пода, надежность уплотнения снижается. Это связано с тем, что при поперечном перемещении уплотнителя происходит его обрыв, что приводит к разрушению уплотнения» [37].

«Известна печь с выкатным подом в виде уплотнения периметра печи. Содержащий стационарный короб. С расположенным в нем теплоизоляционным, полом, упругим элементом и нож. При этом уплотнение снабжено, установленной внутри теплоизоляционного полога

упругого элемента горизонтальной перегородкой, делящей полость элемента на две части. При этом уплотнение имеет установленный в коробе цилиндр, связанный с полостью разгерметизации, а перегородка выполнена со штоком, имеющим возможность перемещения в цилиндре» [37].

«Однако надежность уплотнения снижается. Это связано с наличием значительного количества мягкого шланга, изолированного волокнистыми материалами, которые при постоянном контакте со стальным ножом постепенно разрушаются, что приводит к несвоевременной подаче сжатого воздуха в мягкий шланг и, как следствие, к нарушению бесперебойной работы вакуумного насоса. Нарушение работы вакуумного насоса приводит к выходу из строя уплотнения и прорыву продуктов сгорания в подподовое пространство.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности решению является печь с выкатным подом, содержащая торцевую стену и выкатной под, бортовым обрамлением и горизонтально установленным ножом со скошенной кромкой» [37].

«Недостатком данного устройства является то, что уплотнение представляет собой набор литых деталей: литой подвижный нож с проушинами, ролики, литые сложного профиля, часть которых вращается в атмосфере высокой температуры и запыленности, что неизбежно приведет к сбоям в работе уплотнения, в результате чего надежность уплотнения снижается. Также, не решен вопрос перекрытия щели между торцом пода и торцевой стеной печи, вследствие невозможности обеспечить плотное примыкание пода к футеровке торцевой стены без разрушения футеровки и пластины. Через неплотность продукты сгорания топлива выведут из строя защитную пластину вследствие ее термохимической коррозии и, далее, литой подвижный нож, и его шарнирное соединение с литой несущей конструкцией. В результате разрушения указанных элементов продукты сгорания неизбежно проникают в подподовое пространство и выводят из строя металлоконструкции и шасси пода, а также рельсовый путь.

Предлагаемым изобретением решается задача повышения надежности уплотнения торца пода, путем защиты от прорыва продуктов сгорания в подподовое пространство печи» [37].

«Поставленная задача достигается тем: что в камерной печи с выкатным подом, содержащей торцевую стену и выкатной под, бортовым обрамлением и горизонтально установленным ножом со скошенной кромкой. Согласно изобретению: печь снабжена тепловым затвором, установленным под бортовым обрамлением пода. Выполненным в виде несущих поверхностей, между которыми установлена основа с послойно уложенным в ней уплотняющим материалом. С возможностью вхождения между его слоями упомянутого ножа посредством скошенной кромки. При этом выкатной содержит несущую поперечную балку. Бортовым обрамлением пода, приварен упомянутый нож. Торцевая стена печи содержит разгрузочную арку с зафутерованными под ней керамоволоконными блоками. Причем верхняя часть упомянутых блоков смещена, относительно рабочей поверхности пода и нависает над ней при размещении пода в рабочем положении, внутри печи. А нижняя часть – входит в плотное соприкосновение с бортовым обрамлением пода, при этом уплотняющий материал зафиксирован на несущих поверхностях нержавеющей, кругом для предотвращения его выпадения при возвратном движении пода.

При этом основа выполнена из швеллера.

При этом несущие поверхности выполнены из стального листа.

При этом в качестве уплотняющего материала используют керамоволокно» [37].

«Содержание торцевой стены печи под разгрузочной аркой с зафутерованными под ней керамоволоконными блоками. Верхняя часть, смещена относительно рабочей поверхности пода и нависает над рабочей поверхностью пода. При размещении пода в рабочем положении внутри печи, а нижняя часть входит в плотное соприкосновение с бортовым обрамлением пода. Позволяет сформировать лабиринтное уплотнение с

автоподжимом между подом и торцевой стеной без разрушения футеровки вследствие упругих свойств керамоволокна и, тем самым, предотвратить прорыв продуктов сгорания, что повышает надежность уплотнения торца пода печи» [37].

«Выполнение теплового затвора в виде несущих поверхностей, между которыми установлена основа с послойно уложенным в ней уплотняющим материалом. С возможностью вхождения между его слоями ножа за счет скошенной кромки, способствует дополнительной защите подподового пространства, что исключает прорыв продуктов сгорания в подподовое пространство через зазор между торцом пода и торцевой стеной печи.

Нож за счет скошенной кромки входит между слоями уплотняющего материала и образует в нем ответную поверхность, которая, вследствие специфических свойств керамоволокна, сохраняет свою форму и обеспечивает стабильную плотность уплотнения» [37].

«Приварка ножа к несущей поперечной балке пода, скрепленной с бортовым обрамлением, создает надежную его фиксацию относительно несущих поверхностей теплового затвора и исключает наличие в тепловом затворе вращающихся деталей, обеспечивает стабильно надежное уплотнение, устойчивое к высоким температурам и механическим воздействиям.

Установление теплового затвора под бортовым обрамлением пода приводит к исключению проникновения продуктов сгорания в подподовое пространство, повышает надежность уплотнения торца пода печи» [37].

«Использование в качестве уплотняющего материала теплового затвора керамоволокна и послойная его укладка способствует стабильной работе теплового затвора при различных температурах, автоформированию «ответной» поверхности для ножа и сохранению ее в течение продолжительного времени, что исключает проникновение продуктов сгорания в подподовое пространство» [37].

«Фиксирование уплотняющего материала, уложенного между основной и несущими поверхностями пода, к несущим поверхностям нержавеющей кругом, предотвращает материал от выпадения при возвратном движении пода, в результате чего повышается надежность уплотнения торца пода печи» [37].

«Выполнение основы из швеллера обеспечивает надежную фиксацию теплового затвора к каркасу печи и его стабильное расположение относительно ножа.

Выполнение несущих поверхностей теплового затвора из стального листа обеспечивает опору керамоволоконным блокам и равномерность укладки уплотняющего материала.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где:

– на фигуре 1 – представлена камерная печь с выкатным подом, поперечный разрез;

– на фигуре 2 – вид (А) на фигуре 1, представлен тепловой затвор, установленный под бортовым обрамлением пода» [37].

«Приняты следующие обозначения в соответствии с последовательностью сборки:

- 1 – торцевая стена,
- 2 – разгрузочная арка,
- 3 – блоки из керамоволоконного полотна,
- 4 – рабочая поверхность пода,
- 5 – бортовое обрамление пода,
- 6 – несущие поверхности,
- 7 – основа,
- 8 – уплотняющий материал из керамоволокна,
- 9 – нож затвора,
- 10 – несущая поперечная балка пода,
- 11 – нержавеющей круг.

Камерная печь с выкатным подом содержит торцевую стену 1 печи с размещенной в ней разгрузочной аркой 2 с футерованными под ней керамоволоконными блоками 3. Керамоволоконные блоки 3 установлены друг на друга по вертикали. Верхняя часть керамоволоконных блоков 3 смещена относительно рабочей поверхности выкатного пода 4 и нависает над ней при размещении пода 4 в рабочем положении внутри печи. Нижняя часть блоков 3 входит в плотное соприкосновение с бортовым обрамлением 5 выкатного пода. Печь снабжена тепловым затвором, установленным под бортовым обрамлением 5 пода, выполненным в виде несущих поверхностей 6. Между несущими поверхностями 6 теплового затвора установлена основа 7 с послойно уложенным в ней уплотняющим материалом 8, выполненным из керамоволокна. Нож 9 приварен горизонтально к несущей поперечной балке 10 выкатного пода, которая скреплена с бортовым обрамлением 5 пода. Нож 9 имеет скошенную рабочую кромку в форме одно - или двустороннего клина, выполнен из стального листа, например, лист 20 Ст3, Ст5, Ст20, Ст09Г2С. За счет скошенной кромки обеспечивается возможность вхождения ножа 9 между слоями уплотняющего материала 8 и образование в нем ответной поверхности. Ответная поверхность, вследствие специфических свойств керамоволокна, сохраняет свою форму. Основа 7 выполнена из стали, например, швеллера №20У Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп ГОСТ 8240-97. Несущие поверхности 6 выполнены из стального листа, например, лист 20 Ст3, Ст5, Ст20, Ст09Г2С. Несущие поверхности 6 теплового затвора служат опорой для керамоволоконных блоков 3, которыми зафутерована торцевая стена 1 под разгрузочной аркой 2. Уплотняющий материал 8 зафиксирован на несущих поверхностях 6 теплового затвора нержавеющей сталью 11 для предотвращения его выпадения при возвратном движении пода. Уплотняющий материал 8 и блоки 3 представляют собой керамоволоконное полотно, например, типа LYTX-1427Z. Зазор, остающийся между керамоволоконными блоками 3 и рабочей поверхностью 4 пода, представляет

собой лабиринтное уплотнение, препятствующее прорыву продуктов сгорания топлива в подподовое пространство печи» [37].

«Камерная печь с выкатным подом работает следующим образом.

При установке выкатного пода в рабочее положение нижняя часть керамоволоконных блоков 3 входит в контакт с рабочей поверхностью 4 пода и бортовым обрамлением 5, деформируется, принимает форму поверхности обрамления и сохраняет эту деформацию, и, таким образом, происходит автоуплотнение рабочего пространства печи. Нож 9, за счет скошенной кромки, входит между слоями уплотняющего материала 8 и образует в нем ответную поверхность, повторяющую конфигурацию ножа 9, которая, вследствие специфических свойств керамоволокна, сохраняет свою форму. При дальнейших возвратно-поступательных движениях выкатного пода в соответствии с производственным циклом нож 9 располагается внутри «ответной» поверхности и обеспечивает стабильно надежное уплотнение от прорыва продуктов сгорания в подподовое пространство, устойчивое к высоким температурам и механическим воздействиям» [37].

«Таким образом, предлагаемая камерная печь с выкатным подом обеспечивает надежную защиту от прорыва продуктов сгорания в подподовое пространство, проста в изготовлении, содержит минимум компонентов и лишена вращающихся деталей. Экономический эффект от применения изобретения достигается за счет сокращения расходов на ремонт торцевой стены под разгрузочной аркой и увеличения эксплуатационного ресурса выкатного пода» [37].

«Источники информации:

1. Авторское свидетельство СССР № 879223, МПК F27B 3/10, опубл. 07.11.1981.
2. Авторское свидетельство СССР № 920344, МПК F27D 1/18, F27B 3/10, опубл. 15.04.1982.
3. Авторское свидетельство СССР № 254031, МПК F27B 3/06, F27B 9/30, опубл. 24.03.1970 – прототип.

Формула изобретения.

1. Камерная печь с выкатным подом. Торцевая стенка и выкатной под, бортовым обрамлением и горизонтальным установленным ножом со скошенной кромкой. Отличающаяся тем, что она снабжена тепловым затвором, установленным под бортовым обрамлением пода и выполненным в виде несущих поверхностей, между которыми установлена основа с послойно уложенным в ней уплотняющим материалом. С возможностью вхождения между его слоями упомянутого ножа посредством скошенной кромки, при этом выкатной под, содержит несущую поперечную балку, которая скреплена с бортовым обрамлением пода и к которой приварен упомянутый нож. А торцевая стена печи содержит разгрузочную арку с зафутерованными под ней керамоволоконными блоками, причем верхняя часть упомянутых блоков смещена относительно рабочей поверхности пода и нависает над ней при размещении пода в рабочем положении. Внутри печи, а нижняя часть – входит в плотное соприкосновение с бортовым обрамлением пода, при этом уплотняющий материал зафиксирован на несущих поверхностях нержавеющей, кругом для предотвращения его выпадения при возвратном движении пода.

2. Камерная печь с выкатным подом по п. 1, отличающаяся тем, что основа выполнена из швеллера.

3. Камерная печь с выкатным подом по п. 1, отличающаяся тем, что несущие поверхности теплового затвора выполнены из стального листа.

4. Камерная печь с выкатным подом по п. 1, отличающаяся тем, что в качестве уплотняющего материала используют керамоволокно» [37].

Патент РФ 2069206 – Огнеупорные материал.

В данном патенте идет речь об огнеупорный материал. «Основе композиции из огнеупорного глинистого и тонкодисперсного углеродистого компонентов с добавками кремния или ферросилиция и карбида кремния. Отличающийся тем, что в качестве тонкодисперсного углеродистого компонента он содержит искусственный графит, а в качестве глинистых

компонентов каолин и огнеупорную глину при их суммарном содержании не более 38 масс. При следующем содержании компонентов в композиции, масс. Графит искусственный 25 - 39, каолин 15 - 33, глина огнеупорная 3 - 32, кремний или ферросилиций 7 - 15, карбид кремния 21 – 40» [38].

Патент 2462435 РФ – Бетонная масса.

В данном патенте идет речь о бетонной массе. «Карбид кремния фракции 630-1600 мкм, микрокремнезем, высокоглиноземистый цемент. Высокоглиноземистый компонент, пластификатор и воду затворения, что дополнительно содержит карбид кремния фракции меньше 63 мкм, а высокоглиноземистый компонент представлен реактивным и активным глиноземом при следующем соотношении компонентов, масс %» [39].

«Для изготовления безобжиговых и обжиговых огнеупорных изделий, выполнения монолитных футеровок, высокотемпературных агрегатов в металлургии и других отраслях, промышленности. Бетонная масса содержит, масс %: реактивный глинозем - 10,0-13,0; активный глинозем - 0,1-6,0; высокоглиноземистый цемент - 0,1-6,0; микрокремнезем - 3,8-6,0. Карбид кремния фракции меньше 63 мкм - 8,8-13,0; пластификатор - 0,5-1,0, карбид кремния фракции 630-1600 мкм остальное, вода затворения - 4,5-5,5. Технический результат состоит в повышении плотности бетона, термостойкости, уменьшении открытой пористости, повышении механической прочности. Исключения разупрочнения в интервале 600-1000°C, устранении разупрочнения при термоциклировании, а также в повышении химической устойчивости к воздействию расплава доменного шлака и криолита и стойкости к окислению» [39].

Патент РФ 2387622 – Жаростойкий кладочный раствор.

«Изобретение относится к составу жаростойкого кладочного раствора, в частности предназначенного для скрепления элементов кладки тепловых и печных агрегатов с температурой применения до 1200°C. Жаростойкий кладочный раствор содержит, масс %: песок 48,0-50,0; кембрийская глина 15,0-17,0; периклазо-хромитовая пыль 10,0-12,0; цемент 4,0-5,0; силикат-

глыба 0,8-1,0; вода остальное. Технический результат - увеличение прочности» [40].

Патент РФ 2412135 – Стеклокерамический композиционный материал.

«Изобретение относится к стеклокерамическим композиционным материалам на основе наноструктурированных стеклокерамических матриц, армированных углеродными наполнителями, для изготовления кольцевых элементов и деталей перспективной авиационно-космической техники с рабочей температурой до (1300°C), эксплуатирующихся в условиях окислительной и других агрессивных сред и испытывающих в процессе работы большие механические нагрузки. Материал может использоваться в наземных, энергетических, нефти - газоперекачивающих, транспортных системах и в новых областях общего и специального машиностроения. Техническим результатом изобретения является повышение ударной вязкости, и жаростойкости стеклокерамического композиционного материала при рабочих температурах до (1300°C). Предложен стеклокерамический композиционный материал, включающий стекломатрицу и углеродный волокнистый наполнитель в соотношении, масс %: стекломатрица 55,5-75,5, углеродный волокнистый наполнитель 24,5-44,5» [41].

Патент РФ 2447039 – Керамический композиционный материал.

«Изобретение относится к керамическим композиционным материалам и может быть использовано при изготовлении теплонагруженных узлов и деталей перспективных газотурбинных установок и двигателей газа, нефтеперекачивающих, транспортных и энергетических систем, работающих в условиях высоких термоциклических нагрузок при температурах до (1650°C) на воздухе и в продуктах сгорания топлива. Предложенный керамический композиционный материал включает углеродные волокна и матрицу, полученную из композиции следующего химического состава, мас. %: Si 20-35, C 25-40, SiO₂ 5,5-6,0, HfO₂ 5-8, SiC – остальное» [42].

Патент РФ 2339020 – Инфракрасный датчик, в частности CO₂ – датчик.

«Изобретение предназначено для измерения концентрации CO_2 в воздухе. Инфракрасный датчик (ИК-датчик) содержит сборный фильтр, позади которого расположен сборный детектор, и вычислительное устройство, связанное со сборным детектором» [43].

«Патент РФ 2384836 – Способ одновременного определения концентрации молекул CO и CO_2 в газообразной среде и устройство для одновременного определения концентрации молекул CO и CO_2 в газообразной среде» [44].

«Изобретение относится к области лазерной спектроскопии и спектрального анализа и может быть использовано для одновременной диагностики абсолютного и относительного содержания окислов углерода CO и CO_2 в газообразной среде, для мониторинга содержания окислов углерода CO и CO_2 , например, в выдыхаемом воздухе, в атмосфере, в частности для биомедицинской диагностики. Для анализа используются линии поглощения CO и CO_2 , попадающие в спектральную область, перекрываемую перестраиваемым полупроводниковым лазером, и не перекрывающиеся с линиями поглощения паров воды. Оптическую частоту лазера сканируют за счет накачки лазера периодически повторяющимися импульсами тока определенной амплитуды, длительности и частоты повторения. Лазерное излучение пропускают через многоходовую оптическую кювету, содержащую исследуемую газовую среду, с определенной длиной оптического пути. Изобретение позволяет одновременно определять концентрации молекул CO и CO_2 в газообразной среде» [44].

Патент РФ 2456560 – Термопара.

«Изобретение относится к термометрии и может быть использовано для измерения высоких температур при длительных технологических циклах. Термопара содержит клеммную головку, наружную и внутреннюю трубчатые оболочки, внешний и внутренний термоэлектронны, выполненные в виде трубок, кольцо, втулку и изоляцию. В полости внутренней трубчатой

оболочки установлен стержень с возможностью его извлечения и установки вместо него эталонного средства измерения температуры» [45].

3.2 Выбор и обоснование предлагаемой модернизации камерной печи для ее безопасной работы

Патент РФ 2632049 – Камерная печь с выкатным подом. Данный патент принадлежит ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ» и является существующей на данном предприятии печью, изготовленной по спецзаказу на ПАО «Волгоцеммаш».

Данная камерная газовая нагревательная печь с выкатным подом площадью 36 м², предназначенная для нагрева слитков и поковок, продемонстрирована на рисунке 3.2 и рисунок 3.3. Высота рабочего пространства 3,5 м.

Печь спроектирована как камерная, т.е. металл загружается на подину печи при помощи дополнительного оборудования, подина заезжает в печь, после чего выполняется, нагрев садки до заданной температуры с необходимой скоростью.

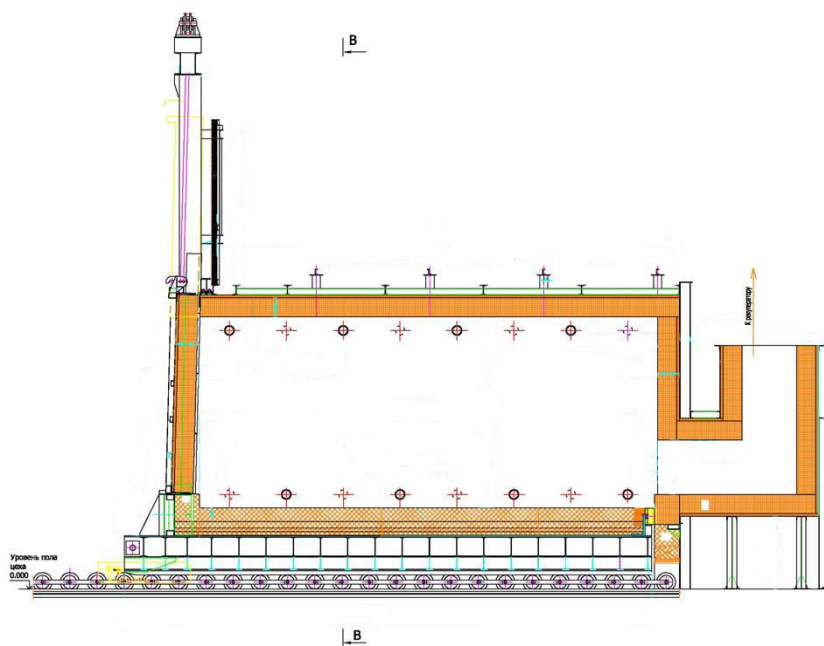


Рисунок 3.2 – Продольный разрез печи

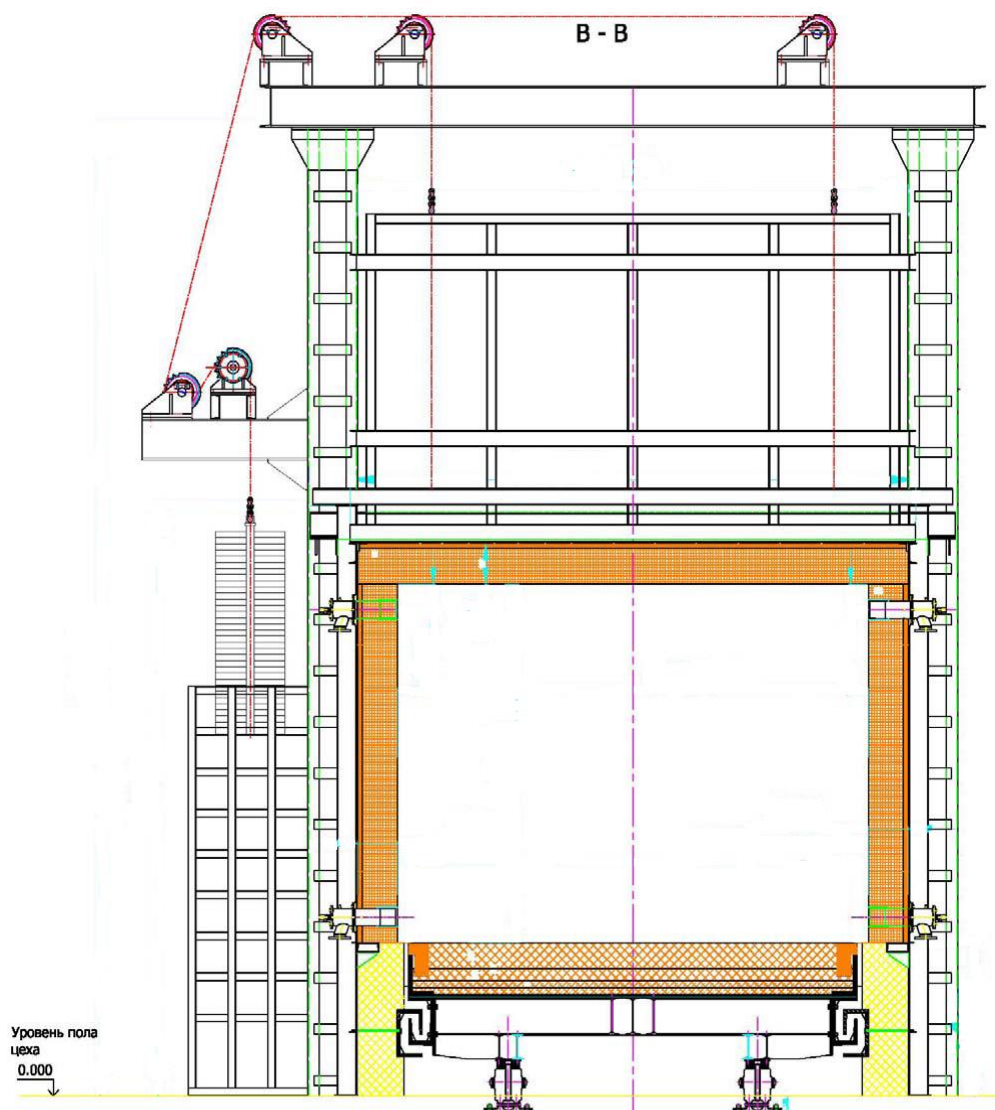


Рисунок 3.3 – Поперечный разрез печи

После того, как металл нагрет до заданной температуры, подина печи выезжает, и заготовки направляют на обработку (пресс 10000 тс).

Прессование ведется в несколько этапов, после каждого из которых заготовки снова помещаются в печь.

Перекрытие загрузочного окна печи осуществляется за счет заслонки установленной на выкатном поду печи [24, 25].

Основные характеристики и показатели работы печи в диапазоне нагрева от (800°C) до (1300°C) приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические особенности печи

Наименование характеристик	Значение характеристик
Наименование печи	камерная нагревательная
Размеры активного пода печи, мм:	
длина	8000
ширина	4500
Высота рабочего пространства, мм	3500
Режим работы	непрерывный
Максимально допустимый вес садки, т	175
Максимально допустимый нагрев металла, °С	1290
Максимально допустимая скорость нагрева садки, °С/ч	150
Применяемое топливо	природный газ
Теплота сгорания топлива, кДж/м ³	34000
Тип горелок	скоростные
Средняя тепловая мощность горелки, кВт	490
Всего горелок	16
Средний расход газа на одну горелку, м ³ /ч	49
Максимальное потребление газа на печь, м ³ /ч	860
Сила природного газа перед печью (max), кПа	4,9
Сила природного газа перед горелками, кПа	3,6
Расход воздуха на горение (max), м ³ /ч	8600
Сила воздуха перед печью (max), кПа	11
Сила воздуха перед горелками, кПа	6,3

С целью повышения безопасности данную печь необходимо оснастить средствами автоматизации [23].

Основными задачами автоматизации камерной печи: повышение безопасности рабочего персонала, улучшение контроля работы нагревательной печи и отслеживание исправности работы оборудования. Введя автоматизацию в работу нагревательной печи, мы сможем не только обеспечить безопасность рабочего персонала, тем, что уменьшим их пребывание в рабочей зоне. Но и также улучшим производительность, так как нам будет легче контролировать режимы печи. Автоматизация и единая

система контроля печи позволит нам уменьшить риски возникновения аварии, увеличить выработку печи и снизить потребление расхода газа.

3.3 Конструктивные решения модернизируемой печи

Уникальностью работы состоит в том, что в конструкции был использован ненадежный шамотный кирпич по своду печи. На рисунке 3.4 мы видим, как в процессе работы печи, образуются трещины тем самым, нарушает герметичность печи, что приводит выбросам отработанного газа в рабочую зону.



Рисунок 3.4 – Нагревательная печь до внедрения улучшения

Для улучшения герметичности печи необходимо произвести модернизацию обкладки подины огнеупорным материалом. Практическим испытаниям был подготовлены материалы: плита из керамического волокна.

На рисунке 3.5 приведены габаритные параметры образцов огнеупорных материалов.

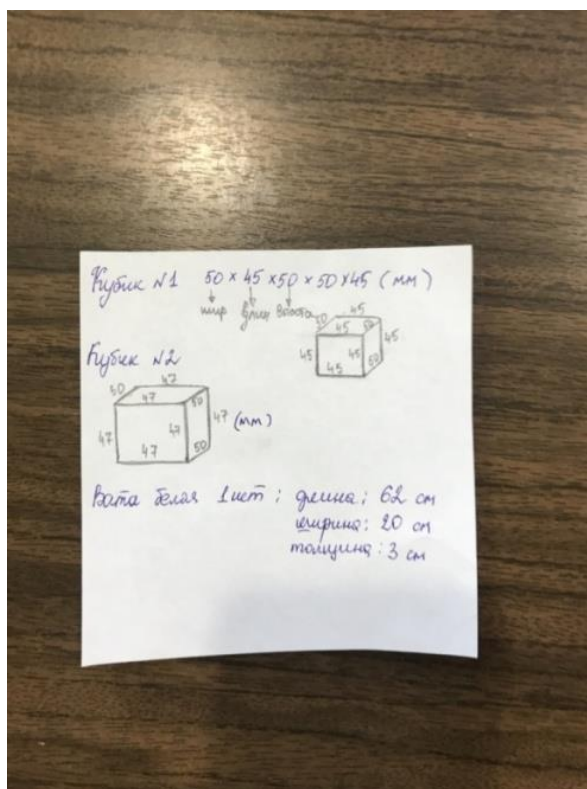


Рисунок 3.5 – Размеры огнеупорных материалов

Исследуемый объект содержит физика – химические элементы, представленные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Физика – химические элементы огнеупорного волокна

Параметры	Значения
Плотность кг/м ³	260 – 400
Al ₂ O ₃ , %	41 – 49
SiO ₂ , %	48 – 51
ZrO ₂ , %	20
Максимальная прочность при изгибе, мПа	0,3
Максимальная прочность при сжатии, мПа	0,06
Предел прочности на разрыв при 140 кг/м ³ , кПа	Не менее 45

Исследования проводились в цехе (кузнечном прессовом участке) в печи нагревательной камерной печи с выкатным подом №2. Исследуемый материал огнеупорное волокно было заложено в нерабочую печь, дальнейшие испытания начались в ходе работы печи после того как печь начали разогревать и поднимать температуру которая была разогрета до (800°C). Дальнейшей выдержкой на 10 часов и закладкой в нее слитков для

дальнейшего выхода на ковочную температуру в 1300°C. Ковка продолжается в течение 9 часов. После печь была переведена в режим остывания постепенное снижение температуры с отключением горелок, остывание длилось 5 часов. После полного остывания печи были изъяты образцы огнеупорного волокна.

После проведения испытания нам необходимо сопоставить начальные данные полученными после испытания и посмотреть все изменения, которые у нас получились в ходе эксперимента.

На рисунке 3.6 представлены огнеупорные материалы перед испытанием в нагревательной печи.



Рисунок 3.6 – Материал до цикла нагрева в нагревательной печи

На рисунке 3.7 представлены огнеупорные материалы после испытания в нагревательной печи.



Рисунок 3.7 – Материал после цикла нагрева в нагревательной печи

В данном разделе был разработан и проведен эксперимент по испытанию огнеупорного волокнистого волокна в нагревательной печи, было зафиксировано по итогам 24 часов, как себя поведет огнеупорный материал.

В нагревательной печи при всех этапах нагрева печи выдержкой при (800°C) и выход на ковочную температуру в (1300 °C), были проведено сравнение изначальных параметров материала и параметров после испытания.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об том, что огнеупорное волокно на протяжении всего процесса не потеряло своих первоначальных свойств и габаритов, что позволяет получить эффекты, которые нам помогут усовершенствовать нагревательную печь тем самым повысить безопасность рабочего персонала во время работы с ней.

Анализ полученных результатов исследований позволяет сделать вывод о следующей закономерности огнеупорное волокно гораздо легче и прочнее. Шамотного кирпича и огнеупорной пропитки, которую применяют, и которая деформируется, и образуются щели. Во время работы нагревательной печи, которые влияют на тепловой эффект в нутрии печи и так же температуру воздуха вокруг печи что дает пагубный эффект на рабочий персонал. Также эффективности внедрения огнеупорного волокнистого материала позволит избежать потери на теплопроводность через футеровку в окружающую среду и уменьшит влияние на рабочий персонал во время работы с нагревательной печью.

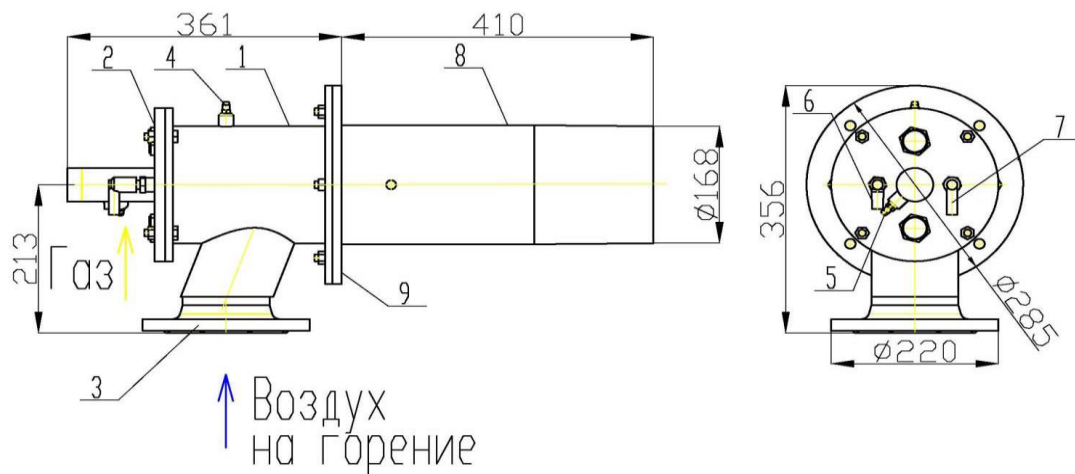
3.4 Выбор основного оборудования и дополнительных систем

В системе отопления печи применены 16 скоростных горелок ZIC 165 производства фирмы Elster Kromschroder, Германия единичной тепловой мощностью 500 кВт, работающих в импульсном режиме.

Конструкция горелки представлена на рисунке 3.8.

Тепловая мощность в нагревательной печи зависит не от увеличения расхода газа, а от работы горелок в печи. Работающие горелки в среднем расходе газа это и есть импульсный режим работы горелки, который отвечают за тепловую мощность печи [26, 27].

Кроме того, импульсная система отопления в сочетании с современной автоматикой позволяет упростить разводку газа и воздуха, отказавшись от зонных коллекторов и зонной регулирующей арматуры [28].



- 1 – корпус горелки; 2 – торцевая крышка; 3 – патрубок для подачи воздуха;
 4 – воздушный штуцер; 5 – патрубок для подачи газа; 6 – запальный электрод; 7 – контрольный электрод; 8 – керамическая горелочная труба;
 9 – установочный фланец

Рисунок 3.8 – Конструкция горелки ZIC 165

Горелка ZIC 165 Elster Kromschroder, является скоростной [29, 30].

Горелка состоит из следующих основных узлов: корпус 1 предназначен для крепления горелки к печи с помощью фланца 9, для установки горелочной части и горелочной трубы 8. На корпусе патрубок для подачи воздуха на горение 3, также имеется встроенный штуцер 4 предназначенный для отбора (замера) давления воздуха на горелку.

На крышке 2, закрывающей корпус с торца, устанавливаются патрубок 5 для подачи газа на горение, электрод розжига 6 и контрольный электрод 7.

Воздух, подаваемый на горение, может подогреваться во внешнем рекуператоре до температуры (450°C), поступает в воздушную полость корпуса, а затем в камеру смешения.

Природный газ подается через газовую головку и по центрально расположенному газовому коллектору попадает в смеситель.

Воспламенение происходит за счет запального электрода 6, наличие пламени контролируется электродом 7. Благодаря наличию конфузора, образуется высокоскоростной факел продуктов горения (до 150 м/с).

Горелка обеспечивает широкий диапазон, как коэффициента избытка воздуха, так и тепловой мощности.

На входе в газовую головку имеется измерительная диафрагма, предназначенная для контроля расхода газа.

Продукты сгорания удаляются из внутреннего пространства печи через отверстие, расположенное на задней торцевой стенке печи. Далее дымовые газы поступают в общий вертикальный дымопровод, где устанавливается рекуператор ОПТ (перед рекуператором дым разбавляется воздухом). После рекуператора дымовые газы разбавляются атмосферным воздухом и направляются в дымосос, установленный на печи.

Для подогрева воздуха используется оребренный пластинчатый теплообменник (ОПТ) 1000/12,8-450/8,6 предприятия ООО «Бушевец - Термо». Основой оребренного пластинчатого теплообменника приходится из тонких листов, к которым привариваются ребра. Благодаря теплообменнику отводящий горячий воздух проходит через данную систему пластин, подогревает воздух, который забирается из нерабочей среды и подается на горелку тем самым, увеличивая тепловую мощность в печи.

Простота конструкции позволяет легко очищать и вести контроль над целостностью и исправностью системы. За счет своей конструкции, в которой поток воздуха разбивается и перемещается от уровня к уровню, тем самым увеличивая силу потока и теплопередачу, а также предотвращает загрязнения на стенках теплообменника. Конструкция теплообменника проста и эффективна, тем самым конструкции обеспечивает надежность при ее эксплуатации от загрязнений и ухудшении ее функциональности.

Таким образом, данный теплообменник дает нам:

- экономию до 40% потребляемой энергии, за счет возврата тепловой энергии обратно в технологический цикл;
- снизить расход топлива благодаря подогретому воздуху в теплообменнике, который подается на горелку;
- использование теплообменной системы позволит нам улучшить работу горелок. Подавая на них горячий воздух из теплообменной системы тем самым повысить тепловую мощность в печи. Благодаря работе теплообменной системы, позволяет без использования увеличения топлива повысить тепловой процесс в нагревательной печи на 10...15%.
- охлаждать дымовые газы для обеспечения санитарных норм и экологических требований.

Применение скоростных горелок позволяет существенно снизить удельный расход топлива и уменьшить эксплуатационные затраты.

Каждая горелка оборудована индивидуальным пультом управления, системой автоматического розжига, и системой контроля пламени, что обеспечивает ее безопасную работу. В обвязке каждой горелки на подводе газа предусмотрены два электромагнитных клапана, которые обеспечивают герметичное перекрытие подачи газа к горелке (класс герметичности – А) при возникновении аварийной ситуации, в том числе погасание факела горелки.

Горелки установлены на боковых стенках печи в два яруса по высоте. В каждой зоне печи установлено по четыре горелки: по 2 нижних и по 2 верхних.

Схема расположения горелок показана на рисунках 3.9 и 3.10.

При выборе вентилятора учитывалось:

- необходимое давление воздуха перед горелкой ZIC 165 – 3,0...4,0 кПа (по данным производителя горелки);
- суммарные потери давления воздуха в трубопроводе – 4,293 кПа;
- максимальный расход воздуха при нагреве металла в печи – 8600 м³/ч.

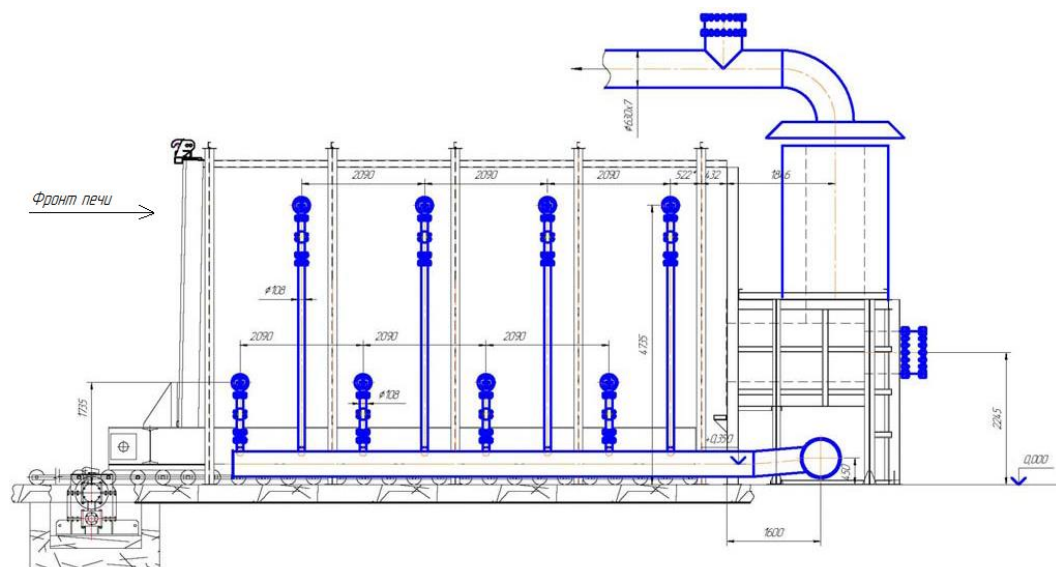


Рисунок 3.9 – Вид справа

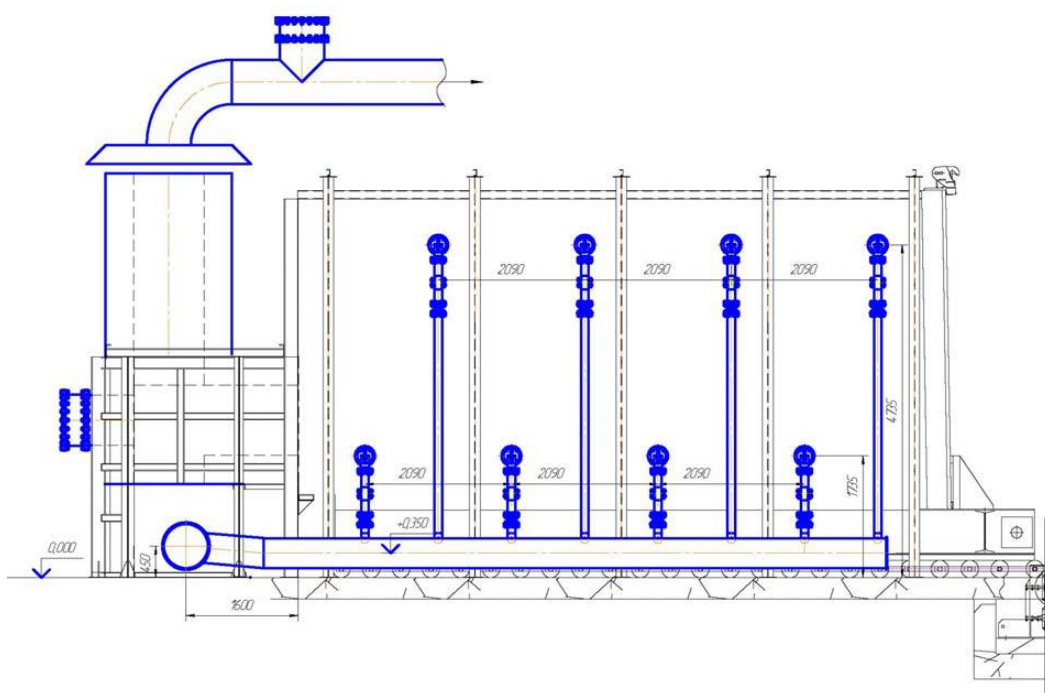


Рисунок 3.10 – Вид слева

Исходя из перечисленных выше параметров, выбираем вентилятор типа GR 712 производства «Mamplast Мого» со следующими характеристиками:

- производительность – 9,5 тыс. м³/ч;
- полное давление – 8,25 кПа;

- мощность двигателя – 45 кВт;
- частота вращения рабочего колеса – 2900 обр./мин [31, 32].

При выборе дымососа учитывалось:

- необходимое разрежение дымовых газов после печи – до 400 Па;
- суммарные потери давления дымовых газов в трубопроводе – 6,226 кПа;
- максимальный выход дымовых газов из печи – 55000 м³/ч (с учетом разбавления дыма воздухом перед рекуператором и дымососом до температуры (190°С) для его защиты);

Исходя из перечисленных выше параметров, выбираем дымосос типа ДН-15 производства ПАО «Красногвардейский машиностроительный завод» п. Красногвардейский. Свердловская область. Со следующими характеристиками:

- производительность – 75,0 тыс. м³/ч;
- полное разрежение – 6,5 кПа;
- мощность двигателя – 250 кВт;
- частота вращения рабочего колеса – 1500 обр./мин.

3.5 Камерная печь как объект управления. Проектирование системы автоматизации печи. Разработка алгоритма автоматизации

Автоматическая схема управления горелками камерных печей предполагает следующие:

- контролируя герметичность газовой системы, в случае разгерметизации трубопровода системы срабатывает оповещающая сирена, издавая звук тревоги;
- благодаря введению в конструкцию электрического запальника можно удаленно разжигать горелки, тем самым обеспечивая безопасность рабочего персонала, так как он находится за пределами опасной зоны, вовремя розжига печи;

– управление и мониторинг показаний, необходимых для работы осуществляется при помощи пульта управления, где собираются все данные по работе всего оборудования и показаний в печи.

При аварийных ситуациях, необходимо следовать правилу по остановке нагревательной печи, выполняя следующую последовательность действий. Необходимо перекрыть главный клапан отсекающего газа, после чего закрыть все заслонки малого сопротивления перед горелками и открыть все продувочной свечи безопасности для удаления газа из трубопровода газовой системы. Аварийная остановка печи производится в следующих случаях:

- в случае прекращения подачи газа;
- при падении давления или повышении его сверх допустимых пределов для данного оборудования;
- при прекращении подачи воздуха в горелки;
- при самопроизвольном погасании горелки;
- при пожаре в помещении или угрозе пожара;
- при взрыве газа;
- при утечке газа;
- в случае прекращения тяги;
- в случае нарушения целостности печи.

Первичные приборы измерения температуры являются термопары. Они установлены непосредственно в печи. Другие приборы и электроаппаратура размещены на стативе [19, 20].

Заземление щитов, корпусов приборов и электроаппаратуры выполнены согласно ПУЭ.

Составим структурную схему управления нагревательной печью, представленной на рисунке 3.11.

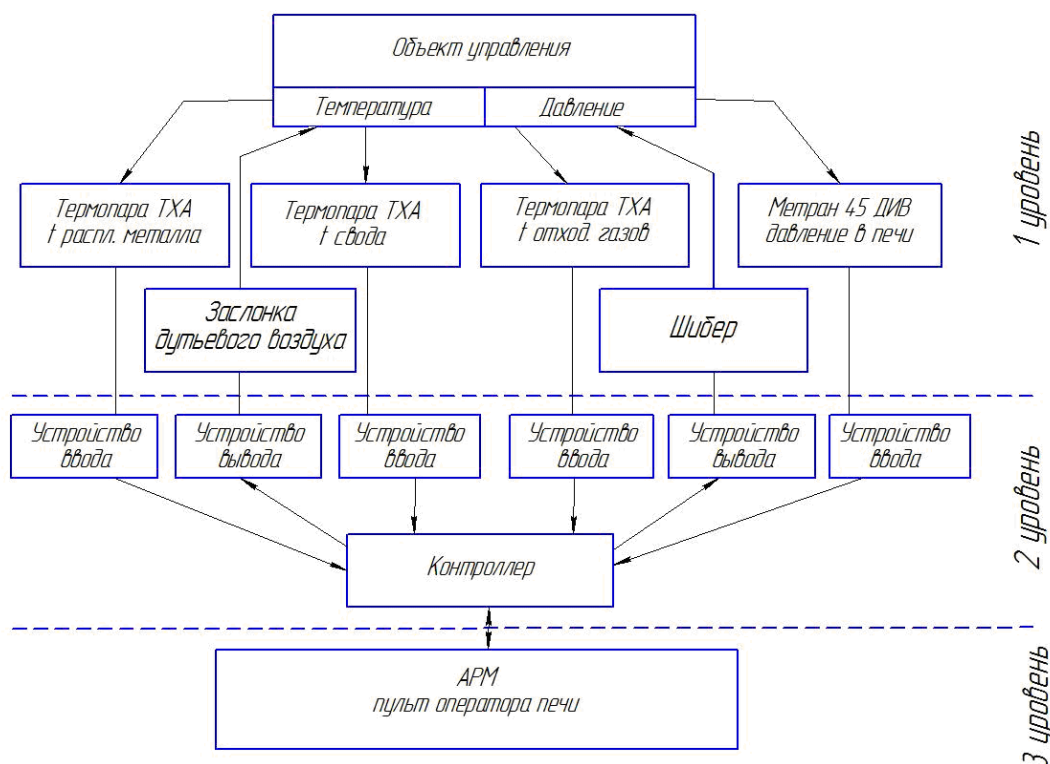


Рисунок 3.11 – Структурная схема управления нагревательной печью

Данная визуализированная структура помогает нам увидеть структуру системы управления нагревательной печи, что продемонстрировано на рисунке 3.11 [33, 34].

Сбор информации осуществляется с помощью датчиков первого уровня, последующей передачей информации на следующий уровень.

Полученные данные с предыдущего уровня обрабатываются и проверяются системой на контроль полученных значений, которые не должны превышать допустимый уровень, данный контроль проходит на втором уровне [46].

Полученные данные с предыдущего уровня визуализируются на компьютере нагревальщика, данный вывод информации находится на третьем уровне.

На рисунке 3.12 представлена камерная печь как объект управления.

К входным параметрам процесса относятся следующие показатели:

- 1) T_M^3 – температура металла, загружаемого в печь;
- 2) G_M^3 – количество загружаемого металла в печь;

- 3) $G_{\text{Л.Д.}}^3$ – количество добавок, загружаемых в печь;
- 4) $W_{\text{М}}^3$ – состав сплава, загружаемого в печь;
- 5) $W_{\text{Л.Д.}}^3$ – состав добавок, загружаемых в печь;
- 6) $G_{\text{В}}(P_{\text{В}})$ – расход силы воздуха для горения, а также действующие на печь возмущения.

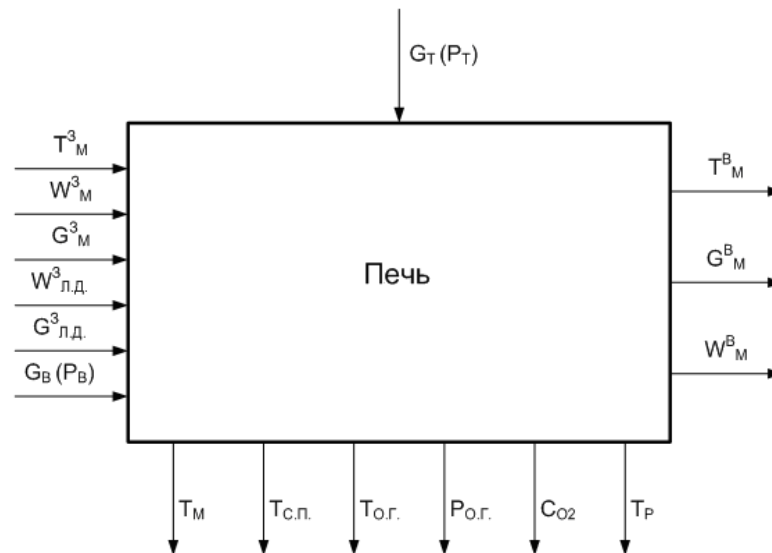


Рисунок 3.12 – Печь как объект управления

Основными возмущениями является изменение $T_{\text{М}}^3$, $W_{\text{М}}^3$, $G_{\text{М}}^3$, $W_{\text{Л.Д.}}^3$, $G_{\text{Л.Д.}}^3$.

Обозначение:

- 1) $T_{\text{М}}$ – температура нагретого металла в печи;
- 2) $T_{\text{с.п.}}$ – температура свода печи;
- 3) $T_{\text{о.г.}}$ – температура отходящих газов;
- 4) $P_{\text{о.г.}}$ – давление отходящих газов;
- 5) C_{O_2} – содержание кислорода в отходящих газах;
- 6) $T_{\text{Р}}$ – температура рекуператоров горелок.

К обозначениям относятся следующие показатели:

- 1) $T_{\text{М}}^{\text{Б}}$ – температура металла перед забором из печи;
- 2) $G_{\text{М}}^{\text{Б}}$ – количество металла при заборе из печи;
- 3) $W_{\text{М}}^{\text{Б}}$ – состав металла при заборе из печи.

Главным параметром является G_T – расход газа; G_B – расход воздуха [35].

На рисунке 3.13 представлен алгоритм автоматизации управления камерной нагревательной газовой печью [36].

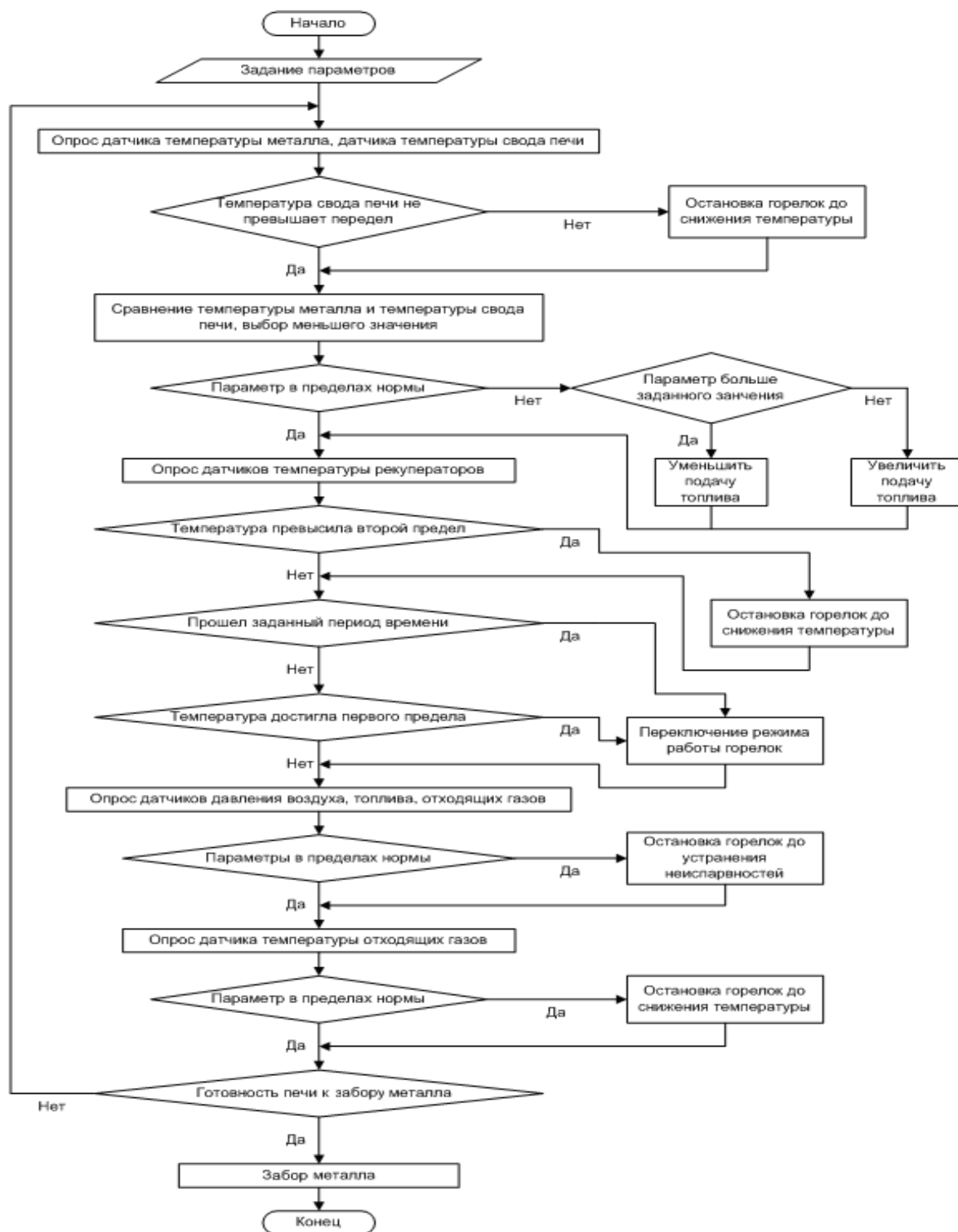


Рисунок 3.13 – Алгоритм автоматизации управления печью

1. Задание параметров.
2. После задания параметров производится опрос датчика температуры металла и датчика температуры в печи.
3. Производится загрузка в нагревательную печь.
4. При достижении максимальной температуры 1350°C в нагревательной печи, необходимо провести остановку нагрева выключив горелки и перекрыть подачу газа. В дальнейшем необходимо опросить приборы, регистрирующие температуру (термопары), установление температуры после отключения подачи газа.
5. Начало подогрева. Проверяются все параметры для нагрева слитков нагреваемого металла. Если параметры больше заданного значения, уменьшают подачу топлива с помощью клапана газового ВФ-3/4Н-4.
6. Производится опрос датчиков температуры рекуператоров. Если температура превышает предел, производят остановку горелок до снижения температуры клапаном газовым ВН-1/2Н-0,5. Далее повторно производят опрос датчиков температуры рекуператоров.
7. Если проходит заданный период времени нагрева сырья в печи или температура достигает заданного предела, для перевода работы горелок, необходимо воспользоваться прибором, называемый электрический однооборотный исполнительный механизм. Далее повторно производят опрос датчиков с помощью, которых можно контролировать температуру в печи (термопара).
8. С помощью приборов, которыми можно отслеживать параметры давление газа, воздуха в системе трубопровода, а также температуру в печи, расход газа. В случае если приборы выявят превышение показаний в системе, то будит, произведена остановка работы горелок, подачи газа в систему и продувка газового трубопровода от оставшегося газа в нем с помощью предохранительной свечи, после чего необходимо найти причину превышения показания.

9. Необходимо контролировать отходящие газы с помощью приборов, в случае если параметры превышают, допустимы, то необходимо остановить работу горелок, до снижения температуры до оптимального значения с помощью клапана газового КЗГэм-100.

10. Визуально проверяют готовность печи к забору металла. Если же возникают какие-нибудь проблемы, то весь процесс начинается сначала. Задают параметры для процесса нагрева, проверяют введенные данные на наличие ошибок.

11. Далее производится забор металла из печи.

Примечание. При возникновении любых нарушений в техническом процессе, происходит подача звукового сигнала с помощью сирены СС-1. Также для визуализации нарушений в работе печи установлены сигнальные лампы.

3.6 Функциональная схема автоматизации и выбор аппаратуры

Функциональная схема автоматизации представлена на рисунке 3.14.

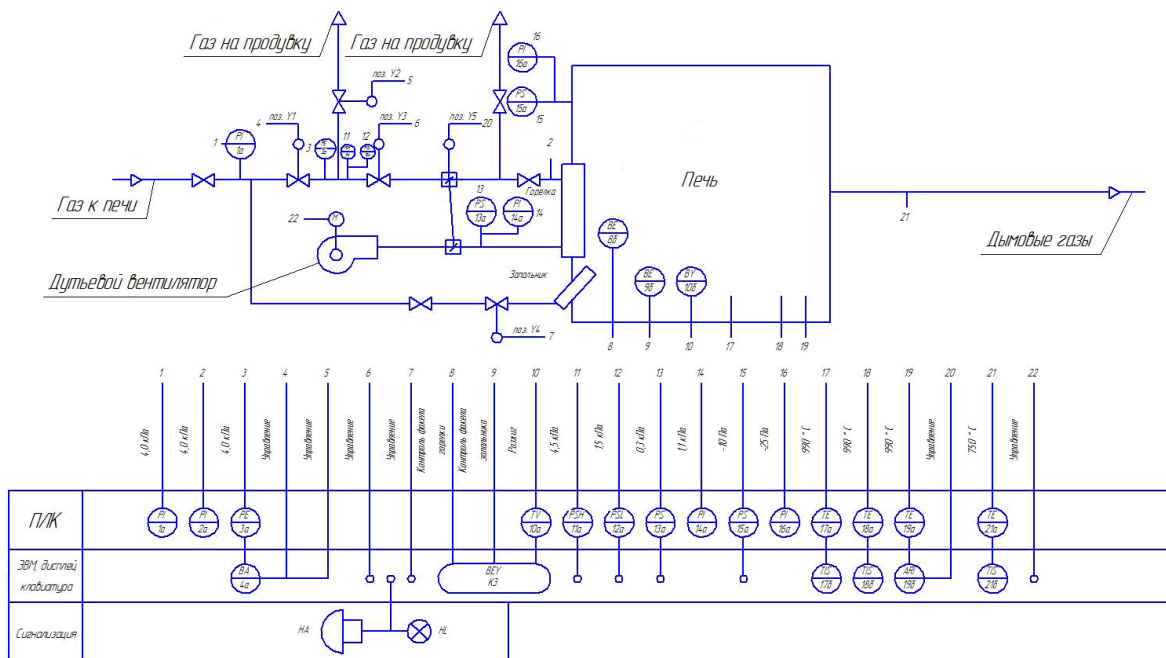


Рисунок 3.14 – Функциональная схема

Приборы и средства автоматизации нагревательной камерной печи с выкатным подом представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Приборы и средства автоматизации, используемые для запроектированной камерной печи

Наименование	Марка	Количество
1	2	3
Напоромер мембранный, показывающий предел измерения 6 кПа	НМП-52-М2	2
Преобразователь силы измерительный с максимально допустимым пределом в 7 кПа	ДДМ-10-ДИ	1
Датчик автоматического контроля герметичности системы	АКГ-1-00	1
Клапан газовый	КЗГэм-100	2
Клапан газовый	ВФ-3/4Н-4	1
Клапан газовый	ВН-1/2Н-0,5	1
Электрический однооборотный исполнительный механизм	МЭО-40/63-0,25-01	1
Контрольный электрод	КЭ-01-690	1
Запальник электрический	ЭЗ-01-800	1
Датчик пламени и автономного розжига горелки	Ф.34.2	1
Трансформатор высоковольтный	ОС 33-730	1
Датчик-реле силы	ДН-7	2
Датчик-реле силы	ДН-3	1
Напоромер мембранный, показывающий предел измерения 2,5 кПа	НМП-52-М2	1
Датчик-реле давления и тяги	ДНТ-1	1
Тягонапоромер мембранный показывающий, предел измерения, +/- 125 Па	ТНМП-52-М2	1
Термопара	ТХА 2-22-1И-1250	3
Измеритель-регулятор	ТРМ-1А-Щ1.ТП.Р	3
ПИД - регулятор универсальный	ТРМ-12-Щ1.ТП.РР	1
Термопара	ТХА 2-22-1И-630	1

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
Сирена сигнальная	СС-1	1
Сигнальная лампа	СЛ	1

Контуры функциональной схемы автоматизации:

1. Контур контроля и регулирования розжигом горелок:

- ЭЗ-01-800 – запальник электрический с ионизационным датчиком;
- КЭ-01-690 – контрольный электрод,
- Ф.34.2 – прибор контроля пламени и автоматического управления

розжигом;

- ОС 33-730 – трансформатор высоковольтный.

2. Контур контроля и управления тягой:

- НМП-52-М2 – напоромер мембранный, показывающий предел измерения 2,5 кПа;

- ДНТ-1 – датчик-реле давления и тяги,

- ТНМП-52-М2 – тягонапоромер мембранный показывающий, предел измерения +/- 125 Па.

3. Контур контроля свода печи:

- КЗГэм-100 – клапан газовый,

- ДНТ-1 – датчик-реле давления и тяги,

- ТНМП-52-М2 – тягонапоромер мембранный показывающий, предел измерения +/- 125 Па.

4. Контур контроля и регулирования температуры нагрева металла:

- ВН-1/2Н-0,5 – клапан газовый,

- ТХА 2-22-1И-1250 – термopара,

- ТРМ-1А-Щ1.ТП. Р. – измеритель-регулятор.

5. Контур контроля подачи нагретого металла:

- МЭО-40/63-0,25-01 – механизм исполнительный,

- ТХА 2-22-1И-1250 – термopара,

- СС-1 – сирена сигнальная,

- СЛ - сигнальная лампа.

6. Контур контроля расхода газа:

- НМП-52-М2 – напоромер мембранный, показывающий предел измерения 6 кПа;

- ДДМ-10-ДИ – преобразователь давления измерительный с пределом измерения 6 кПа;

- АКГ-1-00 – прибор автоматического контроля герметичности газовой арматуры;

- ДН-6 – датчик-реле давления.

7. Контур регулирования расхода газа:

- ВФ-3/4Н-4 – клапан газовый,

- ДН-6 – датчик-реле давления,

- ТРМ-1А-Щ1.ТП. Р. – измеритель-регулятор,

- ТРМ-12-Щ1.ТП. РР – ПИД-регулятор универсальный.

8. Контур контроля расхода воздуха:

- ДН-2,5 – датчик-реле давления.

9. Контур контроля состава отходящих газов:

- КЗГэм-100 – клапан газовый,

- ТХА 2-22-1И-630 – термопара.

Система управления разделена на несколько уровней, которые передают информацию между собой. Для обеспечения выполнения отдельных команд, необходимо сделать правильную последовательность запроса, начиная с первого и с переходом на последующий уровень. Управление процесса получения информации или отдачей команд, с помощью главного контроллера. Главный контрольный прибор получает команды от компьютера нагревальщика. Формируя запрос, он направляет запрос необходимому прибору, с которого необходимо получить информацию о показаниях в системе (расход газа, давление газа или воздуха, температуру в печи и т.д.).

Создание дистанционного управления, отслеживания параметров работы печи, необходимо сначала продумать и подобрать главный контролирующий контроллер, который будет делать запросы, и отдавать команды приборам.

В нагревательной печи существует система подачи газа и воздуха, показания которых собираются приборами.

Главным прибором, отвечающим за запрос данных и постановление задачи, отвечает главный контроллер. Для управления системой дистанционного снятия и обработки данных используют контроллеры определенного типа, такие как программируемые логические контроллеры (ПЛК). У программируемых логических контроллеров очень большая возможность реализации модулей ввода-вывода как аналоговых, так и дискретных сигналов.

1. Напоромер мембранный НМП-52-М2. Данный прибор служит для проведения замеров давления ниже атмосферного и избыточного давления. Главным аспектом прибора является, уравнивание силы упругости.

2. Преобразователь давления измерительный ДДМ-10-ДИ. Для автоматического сбора информации используют датчики давления, которые регистрируют параметры помощью электрического сигнала, такие как давление газа, в газопроводе. Измеряемое давление подается в камеру измерительного блока и линейно преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сопротивления в токовый выходной сигнал.

3. Оборудование автоматического контроля герметичности газовой арматуры АКГ-1-00. Данный датчик отвечает за отслеживание целостности трубопроводной системы. Датчик работает по принципу временного интервала целостности системы, контроль осуществляется между двумя запорно-предохранительными клапанами (ПЗК-1 и ПЗК-2).

Работа проектных отделов заключается в том, чтобы правильно произвести расчет соотношения времени расхода газа, а также расчет допустимого для целостности трубопровода.

Прибор в автономном режиме контролирует и тестирует систему. В случае неисправности система, автоматически блокирует и выводит на рабочей панели нагревателя сигнал о неисправности. Если неисправность была устранена, необходимо провести повторную проверку системы. Необходимо дать команду прибору провести контроль системы, происходит проверка целостности трубопровода.

Системы необходимо закрыть все предохранительные клапаны и отключить их от питания.

4. Клапан газовый КЗГэ-100. Данное оборудование служит и работает как запорное устройство трубопровода газа и воздуха.

Перевод запорной арматуры необходимо производить механическим способом. В газовый клапан встроен прибор отслеживающий положение, открыт или закрыт запорный клапан.

5. Клапан газовый ВФ-3/4Н-4. Клапан электромагнитный, общего назначения нормально-открытый, предназначен для использования в системах дистанционного управления газогорелочными устройствами, бытовыми отопительными установками. Для управления потоком природного сжиженного газа и воздуха в системах безопасности.

6. Клапан газовый ВН-1/2Н-0,5. Электромагнитные клапаны ВН -1/2Н-0,5 – это отсечные 3-х позиционные клапаны. Назначение этой запорной арматуры – дистанционный контроль и регулирование внутри трубопроводов потоков неагрессивной газовой среды таких типов: сжатый воздух, сжиженный газ, CO₂.

Устройства работают в трех режимах – полного отключения, значениях промежуточного и максимального расхода. При соблюдении правил монтажа во время организации систем газоснабжения, электромагнитные клапаны

серии ВН позволяют полностью автоматизировать процесс регулирования интенсивности потока проходящего газа.

При необходимости любой клапан может быть оснащен регулятором для ручного управления и датчиком для определения местоположения.

7. Электрический однооборотный исполнительный механизм МЭО-40/63-0,25-01 применяется для переключения механизмов приборов, полученных команд с пульта нагревателя. Благодаря этому примеру становится, возможно, автоматически регулировать механизмы приборов и тем самым контролировать их работу по достижению необходимых параметров. Электрический однооборотный исполнительный механизм контролирует такие приборы как заслонки малого сопротивления на подаче газа и воздуха, работа выполняется с помощью электрического сигнала направленной команды главного контроллера, на переключение вращательно перемещение выходного вала.

8. Контрольные электроды КЭ-01-690 необходимы для отслеживания дистанционным способом горение пламени в горелках, прибор сигнализирует, если пламя было потушено не санкционированным способом или сбоем в системе.

Устройством системы основано на преобразование электрических колебаний в постоянный ток. В случае, когда погашено пламя, клеммы электродов в приборе разомкнуты. В случае горения пламени, клеммы электродов в приборе наоборот замкнуты.

9. Запальник электрический с ионизационным датчиком ЭЗ-01-800. Благодаря автоматическому электрическому запальнику можно производить розжиг горелок дистанционным способом с пульта управления нагревателя. Автоматический запальник работает по принципу: на запальник подается газ, а на конце электрода подается напряжение вызывающего искру, тем самым розжигая горелку в печи.

10. Прибор контроля пламени и автоматического управления розжигом Ф.34.2. Используется для того чтобы контролировать пламя и розжиг

горелочных устройств. Подача команды на розжиг, в приборе начинает вырабатывать импульсы, после чего происходит замыкание контактов и вследствие искры и подаваемого газа возникает пламя.

11. Трансформатор высоковольтный ОС 33-730. Данное оборудование служит для зажигания путем дугового искрообразования легкофракционного жидкого и газообразного топлива в теплопроизводящих установках (теплогенераторах, котлоагрегатах, обжиговых печах и т.д.). Работа прибора основана на принципе электромагнитной индукции.

12. Датчик-реле давления ДН-2,5 и ДН-6. Датчики реле давлений и разности давлений предназначены для использования в автоматизированных или полностью автоматических системах контроля и регулировки давлений, как избыточного, так и вакуумметрического. Устанавливаются на объекте в вертикальном положении штуцером вниз.

Датчики-реле работают в любой среде, начиная от простого воздуха, который нас окружает, и, заканчивая сложными по своему составу газами или жидкостями. Исключением являются только те вещества, которые агрессивны к алюминиевому сплаву марки АЛ-9, а также к резине, входящей в состав материалов датчика.

13. Датчик-реле давления и тяги ДНТ-1. Данное оборудование необходимо для автоматического контроля параметров и сбора информации с приборов.

Контролируемая среда – воздух и газы, неагрессивные к алюминиевому сплаву АЛ-9 и маслостойкой резине.

14. Тягонапоромер мембранный ТНМП-52-М2. Предназначены для измерения вакуумметрического и избыточного давления воздуха и неагрессивных газов.

15. Термопары ТХА 2-22-1И-1250. Термопара ТХА это прибор, с помощью которого можно регистрировать изменение температуры, данный прибор широко используется во всех отраслях промышленности и науки где необходимо регистрировать изменение температуры. Основной

особенностями использования термопар из хромель-алюмелевых сплавов – это довольно большой предел измерений от (-240°С) до (+1400°С), достаточно большая доступность прибора, устойчивость к окислениям, достаточно малая инерционность, которая позволяет регистрировать практические небольшие изменения в температурах, простота конструкции и большая надежность прибора.

16. Измеритель-регулятор ТРМ-1А-Щ1. ТП.Р. В группу входят электронные измерители-регуляторы и регуляторы температуры. Автоматический терморегулятор прибор, с помощью которого можно контролировать процесс нагрева, выставляя необходимый режим (капеж, нагрев, выход на ковочную температуру 1300°С и проведение закалки). С помощью данного прибора можно задать необходимую температуру, которую прибор будет отображать на дисплее, если температура будет отличаться от заданного диапазона температуры, то сработает реле, которая подаст сигнал об отклонение, скорректирует температуру к заданной температуре.

17. ПИД - регулятор универсальный ТРМ-12-Щ1. ТП.РР. Терморегулятор ТРМ-12-Щ1.ТП. РР для автоматизации подачи теплоносителя для управления газовыми горелками, где используются запорно-регулирующие или трехходовые клапаны и задвижки с электроприводом.

18. Сирена СС-1. Сирена сигнальная переменного тока предназначена для подачи мощных звуковых сигналов, отличающихся от производственных шумов, что обеспечивает их хорошую слышимость. Сирена устанавливается преимущественно в электротехнических шкафах и с оборудованием КИПиА.

19. Сигнальные лампы. Сигнальные лампы предназначены для оптимизации работы оператора техпроцесса оборудования с помощью сигнализации о текущих состояниях цепей управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена и полностью решена главная задача – разработка методов обеспечения безопасности газовой нагревательной камерной печи.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1) в ходе исследования технологического процесса печи в ПАО «Волгоцеммаш» было выявлено, что отсутствие автоматического управления приводило к сбою температурного режима печи и длительности пребывания металлических изделий в них;

2) Недостаток воздуха и неполное сгорание газа вели к сажеобразованию. Что могло при определенных условиях привести к ее загоранию, а подсос воздуха в неплотности при определенной концентрации – к взрыву;

3) Для исключения выше сказанных явлений была проведена модернизация печи путем ее автоматизации с целью повышения степени безопасности технологического процесса;

4) Разработаны алгоритм и функциональная схема автоматизации управления печью.

Результаты исследований рекомендуется использовать в ПАО «Волгоцеммаш» при выпуске аналогичных печей для предприятий металлургии и машиностроения.

Автоматизация камерной печи обеспечит автоматический контроль процесса нагрева, контроль состояния оборудования. А это, несомненно, приведет к увеличению срока службы оборудования, увеличению качества расплава и производительности печи, уменьшению количества возникновения аварийных ситуаций. Будет обеспечена безопасность не только технологического процесса, но и безопасность работников, работающих вблизи печи, за счет вывода их в более благоприятную зону.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свинолобов, Н.П. Печи черной металлургии: учебное пособие / Н.П. Свинолобов, В.Л. Бровкин. - Днепропетровск: Пороги, 2004. – 154 с.
2. Семенов, А.К. Камерные печи. Справочник / А.К. Семенов. – М., Машиностроение, 1998. – 453 с.
3. Фомин, Б.А. Металлургия вторичного алюминия: учебное пособие для вузов / Б.А. Фомин, В.И. Москвитин, С.В. Махов. – М.: «Экономет», 2004. – 240 с.
4. Спирин, Н.А. Информационные системы в металлургии: учебник для вузов / Н.А. Спирин [и др.]. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 2001. – 617 с.
5. Галевский, Г.В. Металлургия вторичного алюминия: учебное пособие для вузов / Г.В. Галевский, Н. М. Кулагин, М.Я. Минцис. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 289 с.
6. Худяков, И.Ф. Технология вторичных цветных металлов: учебник для вузов / И.Ф. Худяков [и др.]. – М.: Металлургия, 1981. – 280 с.
7. Набойченко, С. С. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов / С.С. Набойченко [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ, 1997. – 648 с.
8. Сборщиков, Г.С. Теплотехника: расчет и конструирование элементов промышленных печей: / Г.С. Сборщиков, С.А. Крупенников. – М.: «Учеба», 2004. – 122 с.
9. Кривандин, В.А. Теплотехника металлургического производства. Т. 2: / В.А. Кривандин, В.В. Белоусов, Г.С. Сборщиков. – М.: «МИСИС», 2002 г. – 233 с.
10. Миткалинный, В.И. Металлургические печи: атлас / В.И. Миткалинный, В.А. Кривандин. – М.: «Металлургия», 1987. – 120 с.

11. Кориолисовые расходомеры [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кориолисов_расходомер (дата обращения 23.07.2019).
12. Каталог датчиков ПГ «Метран» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/metran/catalogues> (дата обращения 23.07.2019).
13. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
14. Газоанализаторы с термokatалитическим и электрохимическим принципом измерения. Индикаторные трубки [Электронный ресурс]. – URL: http://knowkip.ucoz.ru/publ/teplotekhnicheskie_izmereniya/drugie_izmereniya/gazoanalizatory/5-1-0-14 (дата обращения 20.08.2019).
15. Каталог газоанализаторов ЗАО «ПРОМПРИБОР» [Электронный ресурс]. – URL: <http://pp66.ru/katalog/kontrolya/gazoanalizatory> (дата обращения 22.08.2019).
16. Каталог продукции SIEMENS [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation> (дата обращения 7.09.2019).
17. Siemens. Описание системы WinCC V6 [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/scada/simatic-wincv7> (дата обращения 07.09.2019).
18. Чарная, Е.Б. Технико-экономическое обоснования автоматизации объекта: учебное пособие / Е.Б. Чарная. – Пермь, Перм. гос. техн. ун-т., 1996. – 77 с.
19. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебник для вузов / В.Я. Ротач. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 269 с.

20. Ключев, А.С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, С.А. Ключев, А.Г. Товарнов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.

21. Ключев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

22. Ключев, А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Миндин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.

23. Вережкин, А.П. Задачи и методы разработки продвинутых систем обеспечения промышленной безопасности / А.П. Вережкин [и др.]. // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 4. – С.78 - 85.

24. Юсупов, А.Ю. Модернизация системы автоматического управления узла выпаривания производства карбамида / А.Ю. Юсупов, А.М. Хафизов // Наука. Технология. Производство, 2015. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 58 - 61.

25. Гумеров, Д.А. Модернизация системы автоматического управления узла полимеризации производства полиэтилена высокой плотности / Д.А. Гумеров, А.М. Хафизов // Наука. Технология. Производство. – 2017. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С. 332 - 334.

26. Аслаев, Р.Р. Новое решение по автоматизации печи первичного риформинга производства аммиака / Р.Р. Аслаев, А.М. Хафизов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля. – 2016. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С. 122 - 123.

27. Краснянский, М.Н. Методология прогнозирования и обеспечения надежности функционирования технических систем многоассортиментных химических производств / М.Н. Краснянский, Е.Н. Малыгин, С.В. Карпушкин // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16. – № 1. – С. 6 -15.

28. Бахтизин, Р.Н. Разработка системы автоматизированного управления техническим состоянием технологического оборудования

нефтегазовых производств / Р.Н. Бахтизин, Э.М. Баширова, И.С. Миронова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 4. – С. 27 – 31.

29. Simulation Basis Reference Guide // UniSim Design – Copyright Honeywell, 2009. – P. 434.

30. Operations Guide // UniSim Design – Copyright Honeywell, 2009. – P. 1554.

31. Сидоров, Д.А. Модернизация системы автоматического управления печи пиролиза бензина производства пирогаза / Д.А. Сидоров, А.М. Хафизов, М.Г. Баширов // Наука. Технология. Производство. – 2017. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С. 372 - 375.

32. Yurtaev, D.V. Appliance of simulation system for non-routine events on tube furnace units / D.V. Yurtaev, A.M. Khafizov // The journal «Science Almanac». – 2015. – Vol. 7(9). – P. 850 - 854.

33. Конноли, Б. Выживает самый приспособленный: естественный отбор алгоритмов [Электронный ресурс] – URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dd335954.aspx> (дата обращения 07.09.2019).

34. Голицына, О.Л. Основы алгоритмизации и программирования: учебное пособие / О.Л. Головина, И.И. Попов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М. 2004. – 432 с.

35. Wilcox, D.C. Turbulence modeling for CFD / D.C. Wilcox // La Canada, California: DCW Industries Inc.1994. – P. 460.

36. Kader, V.A. Temperature and concentration profiles in fully turbulent boundary layers / V.A. Kader // International journal of heat and mass transfer. 1981. – Vol. 24(9). – P. 1541 - 1544.

37. Пат. 2632049 Российская Федерация, МПК F 27 В 3/10. Камерная печь с выкатным подом [Текст] / Чуйко К. Б., Белоусов Е. И.; заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Белэнергомаш – БЗЭМ». – № 2016107938; заявл. 03.03.16; опубл. 02.12.17, Бюл. № 25 – 11 с. [Электронный ресурс]. – URL:

https://patents.s3.yandex.net/RU2632049C2_20171002.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

38. Пат. 2069206 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/52, С 04 В 35/56, С 04 В 35/66. Огнеупорный материал [Текст] / Чернявец А. Н., Костиков В. И., Авдеенко М. А., Остронов Б. Г., Хомяков Э. П., Безруков А. Н., Слободчиков В. А., Яшуткин В. Д., Половой Б. В.; заявитель и патентообладатель науч. - исслед. ин-т конструктивных материалов на основе графита. – № 5063830/33; заявл. 30.09.92; опубл. 20.11.96, – 6 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2069206C1_19961120.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

39. Пат. 2462435 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/66, С 04 В 28/06, С 04 В 111/20. Бетонная масса [Текст] / Суворов С. А., Застрожнов М. Н.; патентообладатель государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)". – № 2911122984/03; заявл. 07.06.11; опубл. 27.09.12, Бюл. № 27 – 8 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2462435C1_20120927.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

40. Пат. 2387622 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/66, С 04 В 28/06, С 04 В 111/20. Жаростойкий кладочный раствор [Текст] / Сватовская Л.Б., Масленникова Л. Л., Бабак Н. А., Славина А. М., Кривокульская Т. М.; заявитель и патентообладатель государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Петербургский государственный университет путей сообщения". – № 2009106486/03; заявл. 24.02.09; опубл. 27.04.10, – 3 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2387622C1_20100427 /(дата обращения: 18.11.2019).

41. Пат. 2412135 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/80, С 03 С 14/00. Стеклокерамический композиционный материал [Текст] / Гращенков Д. В., Исаева Н. В., Солнцев С. С., Наумова А. С., Уварова Н. Е.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация в лице Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) (RU), Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" (ФГУП "ВИАМ"). – № 2009116145/03; заявл. 29.04.09; опубл. 20.02.11, Бюл. № 5 – 7 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2412135C2_20110220.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

42. Пат. 2447039 Российская Федерация, МПК С 04 В 35/80, С 03 С 35/577. Керамический композиционный материал [Текст] / Гращенков Д. В., Исаева Н. В., Солнцев С. С., Ермакова Г. В., Рожкова М. С.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация в лице Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России). – № 2010140688/03; заявл. 05.10.10; опубл. 10.04.12, Бюл. № 10 – 6 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2447039C1_20120410.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

43. Пат. 2339020 Российская Федерация, МПК G 01 N 21/35. Инфракрасный датчик, в частности CO₂ - датчик. [Текст] / Енсен Енс Меллер (DK), Бенслимане Мохамед Иахиа (DK); заявитель и патентообладатель Дафосс А/С. – № 2007100222/28; заявл. 10.06.05; опубл. 20.11.08, Бюл. № 32 – 10 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2339020C1_20081120.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

44. Пат. 2384836 Российская Федерация, МПК G 01 N 21/39, G 01 N 21/61. Способ одновременного определения концентрации молекул CO и CO₂ в газообразной среде и устройство для одновременного определения

концентрации молекул СО и СО₂ в газообразной среде. [Текст] / Степанов Е. В.; заявитель и патентообладатель учреждение Российской академии наук. ин-т общей физики им. А.М. Прохорова РАН (ИОФ РАН). – № 2008145633/28; заявл. 20.11.08; опубл. 20.03.10, Бюл. № 8 – 21 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2384836C1_20100320.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

45. Пат. 2456560 Российская Федерация, МПК G 01 K 7/06. Термопара. [Текст] / Орлов Е. Ю.; заявитель и патентообладатель Орлов Евгений Юрьевич. – 2011105839/28; заявл. 17.02.11; опубл. 20.07.12, Бюл. № 20 – 5 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2456560C1_20120720.pdf /(дата обращения: 18.11.2019).

46. Cz. X. Szargut Ian, Koziot Ioachim, Majza Eugeniusz. Analiza mozliwosci zmniejszenia zuzycia paliwa w piecach grzejnych // Gosp. paliw. i energy. 1986, – 34, № 4, – P. 9-13.