МИНИСТЕРСТВО образования и науки Российской федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____Т.В. Баяндина
«___» _____2018 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЮСА ОЖЕЛЕЗНЕННОГО МАГНЕЗИАЛЬНОГО

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2018. 859. ПЗ. ВКР

Руководитель, к.т.н., доцент
_____Т.В. Баяндина
«___» _____2018 г.

Автор работы
Студентка группы ДО – 515
_____А.З. Мишановская
«___» _____2018 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент
_____Т.В. Баяндина
«___» _____2018 г.

Челябинск 2018

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»
Направление 18.03.01 «Химическая технология»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____ Т.В. Баяндина
_____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студентки

Мишановской Альбины Забировны
Группа ДО-515

1 Тема работы
Модернизация технологии производства флюса ожелезненного магнезиального
утверждена приказом по университету от 04.04.2018 г. № 580

2 Срок сдачи студентом законченной работы 01.07.2018 г.

3 Исходные данные к работе

1	Годовая производительность 80000 т/год по готовой продукции
2	Задание для выполнения выпускной квалификационной работы
3	Нормативно-техническая литература
4	Материалы курсовых проектов
5	Отчеты по производственной и преддипломной практике

4 Содержание расчетно-пояснительной записки

1	Титульный лист
2	Задание на выпускную квалификационную работу
3	Аннотация
4	Содержание
5	Введение
6	Сравнительная характеристика технологии производства флюса ожелезненного магнезиального в России и за рубежом
7	Характеристика исходного сырья

8	Технология производства флюса ожелезненного магнезиального
9	Контроль производства
10	Подбор и расчет механического оборудования
11	Теплотехнический раздел
12	Автоматизация производства
13	Безопасность жизнедеятельности
14	Экономический раздел
15	Заключение
16	Библиографический список

5 Перечень вопросов, подлежащих разработке

1	Предложения по изменению существующей технологии с целью создания ресурсо- и (или) энергосберегающей технологии или повышения качества выпускаемой продукции
2	Расчет материального баланса производства
3	Расчет теплового баланса производства
4	Подбор и расчет основного и вспомогательного оборудования
5	Расчет основных технико-экономических показателей с учетом предложенных изменений в существующую технологию

6 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в в виде презентаций в программе Power Point)

1	Титульный лист: название работы
2	Актуальность работы
3	Цель и задачи работы
4	Характеристика исходного сырья
5	Технологическая схема производства
6	Чертеж вращающейся печи
7	Схема автоматизации вращающейся печи
8	Чертеж Z-образного элеватора
9	Технико–экономические показатели

7 Календарный план выполнения ВКР

№ п/п	Наименование этапов выполнения выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы
1	Сравнительный анализ технологии производства хромитопериклазовых изделий марки ХПТ в России и за рубежом	28.04.2018− 06.05.2018
2	Разработка и согласование с руководителем основных разделов ВКР, чертежей	07.05.2018 −15.05.2018

3	Работа по основным разделам ВКР	16.05.2017 −21.06.2018
5	Сдача ВКР для нормоконтроля	21.06.2018−25.06.2018
6	Представление ВКР на кафедру	26.06.2018
7	Проверка ВКР на заимствование в системе «Антиплагиат»	27.06.2018−30.06.2018
8	Проведение предварительной защиты ВКР	02.07.2018
9	Защита выпускной квалификационной работы	4.07.2018−5.07.2018

9 Дата выдачи задания 04.04.2018 г.

Руководитель ВКР _____ Т.В. Баяндина
(подпись) (И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению _____ А.З. Мишановская
(подпись студента) (И.О. Ф.)

АННОТАЦИЯ

Мишановкая А.З. Модернизация технологии производства флюса ожелезненного магнезиального – Челябинск: ЮУрГУ, ДО-515, 2018, 97 с., 8 ил., библиогр. список − 17 наим.

В выпускной квалификационной работе рассмотрено изготовление флюса ожелезненного магнезиального. В работе дана характеристика сырья, указана технологическая схема производства, рассчитан материальный баланс производства. Даны описания и расчеты механического оборудования. Предоставлена краткая характеристика вращающиейся печи, произведен расчет теплового баланса печи, горения топлива. Рассмотрена автоматизация вращающейся печи, дано описание приборов. Произведен расчет технико-экономической эффективности совершенствования производства. Описаны негативные факторы и меры защиты от их воздействия, меры по охране окружающей среды, ликвидация и предупреждение ЧС. В данной работе произведена замена ленточного транспортера после холодильного барабана и галерейную ленту на Z−образный элеватор ковшевой.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 8
1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОЖЕЛЕЗНЕННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ФЛЮСОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ…… 9
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ…….. 23
3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОЖЕЛЕЗНЕННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ФЛЮСОВ ...…… 25
4 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА…… 36
5 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ…… 38
6 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВА…… 44
6.1 Вращающиеся печи……. 44
6.2 Расчет горения топлива…… 46
6.3 Расчет теплового баланса печи……... 49
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА……. 57
7.1 Автоматизация вращающейся печи……... 57
7.2 Автоматический потенциометр с дисковой диаграммой КСП-3…… 65
7.3 Объекты регулирования с сосредоточенными параметрами…….. 66
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ……..…… 67
8.1 Негативные факторы и методы защиты от их воздействия…… 67
8.2 Охрана окружающей среды…… 73
8.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций……... 75
9 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ……. 78
9.1 Организационный план…… 78
9.2 Затраты при расчете себестоимости…… 78
9.3 Рентабельность…… 88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….……. 89
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…… 91
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А…….. 93
ПРИЛОЖЕНИЕ Б…….. 94
ПРИЛОЖЕНИЕ В…… 95
ПРИЛОЖЕНИЕ Г…….. 96
ПРИЛОЖЕНИЕ Д……. 97

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время производство огнеупоров развивается в направлении экологической безопасности и безотходности производства, улучшения условий труда. Поэтому модернизация огнеупорного производства имеет актуальное значение.

Цель работы: модернизация технологии производства флюса ожелезненного магнезиального.

Задачи: провести сравнительный анализ технологии при производстве огнеупорных магнезиальных флюсов и предложить изменения в существующую технологию.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

– провести сравнительный анализ технологий при производстве ожелезненных магнезиальных флюсов и предложить изменения в существующую технологию;

− изучить технологию производства ФОМ;

− составить материальный и тепловые балансы производства флюсов с учетом заданной годовой производительности;

– рассчитать и выбрать оборудование с учетом предложенного изменения в существующую технологию с учетом заданной годовой производительности;

– рассчитать технико-экономические показатели с учетом предложенного изменения в существующую технологию.

Предложенное изменение в существующую технологию позволит улучшить экологическую обстановку и улучшить условия труда.

1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОЖЕЛЕЗНЕННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ФЛЮСОВ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ

Магнезит состоит из кристаллического минерала – магнезит $MgCO_3$, который содержит 47,6 % MgO и 52,4 % CO_2. Цвет магнезита белый с сероватым или желтоватым оттенком, иногда снежно – белый, блеск стеклянный; твердость по шкале Мооса 4,5–5, плотность 2,9–3,1 г/см^3.

В природе существует непрерывная серия различных соединений переменного состава – от $MgCO_3$ до $FeCO_3$. Крайние магнезиальные соединения этого изоморфного ряда – магнезит (с примесью оксидов железа до 0,5 %) и брейнерит (с примесью оксидов железа не более 14,5 %) нашли широкое применение в промышленности. В виде хорошо образованных кристаллов они встречаются редко, чаще образуют зернистые агрегаты. В магнезиальной горной породе в виде минеральных примесей присутствуют доломит, кварц, тальк кальцит, пирит и другие минералы. Чистые магнезиты часто замещаются в природе продуктами их изменения; брейнерит при выветривании нередко переходит в гидроксиды железа.

Природные магнезиты существуют в двух физических формах: кристаллический (зернистый) и крупнокристаллический (аморфный) магнезит. Первый вид породы залегает совместно с доломитовыми или известковыми породами. Иногда встречаются разновидности, содержащие примеси оксидов железа в виде минерала брейнерита. Наиболее характерны месторождения имеются в Австралии, Словакии, Испании, России, Китае, Канаде, Бразилии, Северной Корее и США [17].

Месторождения аморфного магнезита встречаются как продукты разложения ультраосновных пород. Главные источники такого сырья в Греции. Турции, Югославии, Индии и обнаруженные недавно месторождения в Саудовской Аравии и Гватемале.

Крупные месторождения магнезита связаны с определенными формациями и могут быть объединены в три генетических типа, представленные в таблице 2.

Месторождения кварцмагнезитовых и талькомагнезиальных пород гидротермально-метасоматического типа формируется в дунитсодержащих складчатых образованиях. Обычно талькомагнезиальные породы образуются в зонах тектонических нарушений дунитовых массивов. Когда тектонические нарушенные дунитовые породы подвергаются химическому выветриванию, в них образуется магнезитовые месторождения инфильтрационного типа [17].

Месторождения магнезитов осадочного типа образовались в результате осадконакопления в межгорных впадинах складчатых областей поверхности Земли.

Таблица 1 – Генетические типы магнезиальных месторождений

Типы месторождения	Краткая характеристика	Наименование месторождения
1.Гидротермально-метасоматический	А.Залежи кристаллического магнезита в доломитовых породах Б.Залежи талькомагнезитовых пород в гипербазитах	Саткинское, Киргитейское, Тальское, Верхотуровское (Россия), Маньчжурское (Китай), Вейтш (Австралия). Савинское, Онотское,Шабровское, Сысертское (Россия)
2. Осадочный	Залежи тонкозернистого магнезита в континентально-озерных отложениях	Белая-Стена, Кремна, Бранешко-Поле (все Австралия)
3. Инфильтрационный	Жильные залежи аморфного магнезита, связанные с корой выветриваниясерпентинитов	Халиловское (Россия), Эвбеское (Греция)

Наибольший интерес представляют магнезиальные месторождения гидротермального-метасоматического типа. Они располагаются в складчатых образованиях, нарушенных дизъюнктивной тектоникой. Снизу залегают доломиты, а сверху известняки. В магнезитах имеются прослойки мергелистых

доломитов и мергелистые сланцы. Магнезит образует пласто- и глинзообразованные тела, а также гнезда, жилы. Размеры этих тел иногда значительные: до 800 м по простиранию, до 600 м по падению, мощность до 80 м. За рубежом к ним относятся месторождения, расположенные в Австрии и Словакии.

Основные месторождения природного магнезита приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные зарубежные месторождения магнезита

Страна	Компания	Местоположение	Мощность, тыс.т
Европа и Средний Восток			
Испания	Magnesitas Navarras SA	Zubiri, Navarra	65 – 70
Греция	Grecian Magnesite SA	Yerakini, Chalkidiki	200
Австрия	Veitscher Radex AG	Breitenau	230
Словакия	SMZ AS Jelsava	Jeisava	250
Турция	Kumas (Kutahya Magnezite WorkCorp)	Nr.Eskisehir, Kutahya	144
Индия	Dalmia Magnesite Corp	Salem, Tamil Nadu	60 – 65
Китай, Австралия			
Китай	Liaoning Magnesite and Refractories Corp	Dashiqiao Haicheng Citi, Liaoning	800
Северная Корея	Korean Magnesite Works	Tanchon, East coast	500
Австралия	Queensland Magnesia Project	Rockhampton Qld	90
Бразилия	Magnesita SA	Pedra Preta nr.Brumado, Bahia ststse	350

Кристаллический магнезит представляет собой продукт изменения известняка или доломитов, полученный при воздействии на них растворов, содержащих двууглекислый магний:

$$CaCO_3 + Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + Ca(HCO_3)_2.$$

В России основным предприятием по добыче и переработке кристаллических магнезитов является комбинат «Магнезит», разрабатывающий

Саткинское месторождения. Главные примеси в кристаллическом магнезите – доломит, кальцит, диабаз и кварц. Особенно Вредны примеси минералов, содержащие оксиды кальция и кремния. Примеси железа также вредны, так как образуют сравнительно легкоплавкий магнезитоферрит, который в небольших количествах улучшает спекание материала[4].

Сравнительные характеристики периклазовых порошков различных стран приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики периклазовых порошков различных месторождений и фирм-производителей

Страна производитель	Месторождение	Химический состав, мас. %				Плотность, г/см^3
		MgO	CaO	SiO_2	CaO/SiO_2	
Россия	Саткинское	95,5	1,65	0,8	2,1	3,38
	Кактолгинское	995,0	2,2	0,7	3,0	3,35
	Ларгинское	95,0	2,3	0,7	3,3	3,35
	Тальское	96,0	2,5	1,3	1,9	3,35
	Кульдурское		2,0	1,0	2,0	3,40
	Фирма-производитель:					
Греция	Femicko	95,5	1,6	2,6	0,6	3,35
	Magflot	95,7	2,3	0,55	4,1	3,40
	Magnesita	94,5	0,8	1,3	0,6	3,35
Китай	Future	98,0	0,8	0,6	1,3	3,40
Турция	Citosan Kuves	96,6	1,5	1,3	1,1	3,40

Природный магнезит в мире экспортируют в небольших количествах. Известно, что его покупают такие страны, как США, для дальнейшей переработки.

Первоначально из сырого магнезита путем обжига получают спеченные периклазовые порошки. Обжиг магнезитов осуществляют в шахтных или вращающихся печах.

При обжиге магнезита происходит разложение карбоната магния с выделением углекислого газа по реакции:

$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 - q.$$

Реакция идет с поглощением тепла q = 2753 кДж/кг MgO. Карбонат кальция $CaCO_3$, присутствующий в виде известняка или доломита, при нагревании также разлагается:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 - q.$$

Расход тепла составляет q = 2828 кДж/кг CaO.

В расчете на 1 кг исходных карбонатов затраты тепла составляют 1584 и 1316кДж/кг соответственно для $CaCO_3$ и $MgCO_3$. При полном разложении 1 кг $CaCO_3$ образуется 0,56 кг CaO и 0,44 кг CO_2, а 1 кг $MgCO_3$ соответственно 0,478 кг MgO и 0,522 кг CO_2.

При нагревании $MgCO_3$ и $CaCO_3$ в печи процесс их разложения начинается с поверхности, и по мере прогрева граница реакции перемещается к центру куска карбоната. Сама реакция разложения (диссоциации) карбонатов протекает лишь на границе двух твердых фаз: карбонат-оксид. Скорость продвижения границы диссоциации в зависимости от температуры описывают уравнением:

$$\lg v = 0{,}003145 \cdot T + 4{,}167,$$

где v – линейная скорость диссоциации, см/с; T – температура обжига, К.

В шахтных печах обжигают крупнокусковой магнезит. Кусков магнезита < 40 мм допускается не более 8%. Содержание примесей CaO и SiO_2 должно быть не более 2 %. Повышенное содержание тонких фракций магнезита и примесей резко осложняет ведение обжига в шахтных печах. Возрастает сопротивление движению газов, возможно образование зависаний шихты.

Температура обжига магнезита составляет 1600 – 1650 °С. Обожженный магнезит выгружают через 1 ч из печи с температурой 750 – 800 °С. Производительность печи находится в пределах 5,0 – 5,1 т/ч.

Используют шахтные печи с диаметром шахты в зоне обжига 2,75 м и высотой 14 м. Печь имеет два яруса горелок по 6 шт. в каждом. Топливом служит природный газ с теплопроводностью 34,5 МДж/м^3 при среднем расходе газа на печь 800–850 м^3/ч. Кусковой магнезит загружают в печь скиповым подъемником

и выгружают ежечасно во время движения колосниковой решетки. Общее время пребывания магнезита в печи составляет 14–16 ч.

Вращающиеся печи являются более высокопроизводительными агрегатами для обжига магнезита. Для обжига применяют печи длиной от 50 до 170 и диаметром от 3 до 5 м. Их производительность колеблется от 4,5 до 24 т/ч обожженного периклазового порошка.

Под спеканием понимают получение камнеподобного материала при обжиге порошков. Спекание это самопроизвольный процесс, идущий при температурах ниже температуры плавления в направлении снижения свободной энергии.

При спекании происходят два процесса: уменьшение пористости, сопровождающиеся усадкой материала, и повышение прочности[12].

Процесс спекания можно условно разделить на три стадии:

1) припекание – на этой стадии увеличивается контакт между соседними частицами, но границы частиц сохраняются;

2) на основной стадии образуются «фаза вещества» и «фаза пустоты», частицы сливаются между собой, но замкнутые поры еще не образуются;

3) формируются замкнутые поры.

Усадка материала и изменение относительной плотности происходят в некотором интервале температур и зависят от времени. В связи с этим возникают трудности в определении температуры спекания. За температуру спекания принимают ту температуру, при которой происходит максимальное изменение относительной пористости.

При нагревании магнезита разлагается (t = 750°):

$$n[Mg,Ca(CO_3)_2] = (n–1)\ MgO + MgCO_3 \cdot nCaCO_3 + (n–1)CO_2,$$

$$MgCO_3 \cdot nCaCO_3 = MgO + nCaO + (n + 1)CO_2.$$

Оксид магния в присутствии извести в соединения не связывается. CaO взаимодействует с примесными оксидами Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2. Состав получающихся продуктов реакции зависит от соотношения Al_2O_3/ Fe_2O_3.

При обжиге доломита в первую очередь образуется браунмиллерит Ca_4AF:

$$4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = Ca_4Al_2Fe_2O_{10}.$$

Дальнейший ход преобразований зависит от соотношения содержания оксидов железа и алюминия. Из приведенной реакции видно, что Al_2O_3 и Fe_2O_3 связываются в браунмиллерит в соотношении 1:1 (или, по массе, 102:159,7 = 0,64:1 = 1:1,57). Следовательно, если в исходной сырьевой смеси отношение AlO_3 / Fe_2O_3 > 0,64, то после образования браунмиллерита оксид железа израсходуется полностью, а оксид алюминия останется в количестве $PAl_2O_3 = 0{,}64PFe_2O_3$, где PAl_2O_3 и PFe_2O_3 – массовые доли Al_2O_3 и Fe_2O_3 в исходном сырье. При этом масса браунмиллерита $PCa_4AF = 3{,}04PFe_2O_3$. Если в исходной смеси $PAl_2O_3/PFe_2O_3<0{,}64$, т в избытке после реакции образования браунмиллерита остается оксид железа, в количестве $PFe_2O_3 = 1{,}57PAl_2O_3$ > а масса браунмиллерита будет $PCa_4AF = 4{,}77PAl_2O_3$. Избыточный Al_2O_3 связывается CaO в трехкальциевый алюминат $Al_2O_3 + 3CaO = Ca_3Al_2O_6$, количество которого будет $PC_2F = 2{,}65(PAl_2O_3 - 0{,}64PFe_2O_3)$. При избытке оксида железа образуется двухкальциевый феррит $2CaO + Fe_2O_3 = Ca_2Fe_2O_4$ в количестве $PC_2F = 1{,}7(PFe_2O_3 - 1{,}57PAl_2O_3)$. SiO_2 взаимодействует с CaO, образуя в конечном итоге трехкальциевый силикат $3CaO + SiO_2 = Ca_3SiO_2$ в количестве $PC_3S= 3{,}8\ P\ SiO_2$.

Выше 600°C CaO с Fe_2O_3 образует моно-, а затем дикальциевый феррит. Оставшийся несвязанным оксид железа реагирует с MgO с образованием магнезиоферрита ($MgO{\cdot}Fe_2O_3$). Вслед за этим образуются алюминаты и ортосиликаты кальция и магния (Ca_2SiO_4 и Mg_2SiO_4). При температурах выше 800–1000 °C магнезиальные силикаты реагируют с ферритами кальция, в результате чего образуются ортосиликат кальция и магнезиоферрит:

$$Ca_2Fe_2O_5 + Mg_2SiO_4= Ca_2SiO_4 + Mg_2Fe_2O_4 + MgO,$$

$$Ca_2Fe_2O_5 + 2CaMgSiO_4= 2Ca_2SiO_4 + MgFe_2O+ MgO_4,$$

$$2Ca_2Fe_2O_4 + Mg_2SiO_4= Ca_2SiO_4 + 2Mg_2Fe_2O_4.$$

Выше 1200 °C ортосиликат кальция и магния реагируют между собой и, в зависимости от соотношения реагентов, образуют монтичеллит:

$$Ca_2\ SiO_4 + Mg_2SiO_4= Ca_2\ MgSiO_4,$$

или мервинит:

$$2Ca_2\ SiO_4 + Mg_2SiO_4= 2[Ca_3\ Mg(SiO_4)_2].$$

Четверная система CaO-MgO-Fe_2O_3-SiO_2. В равновесии с MgO могут быть (кроме собственно оксидов): трехкальцевый и двухкальдиевый силикаты, мервинит, монтичеллит, форстерит, магнезиоферрит, двухкальциевый феррит. Эти соединения расположены в вершинах элементарных тетратопов. Составы, находящиеся внутри тетратопов, имеют температуры плавления более низкие, чем температуры плавления «вершин» тетратопов, которые известны. В каком тетратопе будет находиться тот или иной состав смеси четырех компонентов, зависит от молярного соотношения CaO/ SiO_2, имеющего, таким образом, критическое значение. Когда это отношение равно двум, соединения лежат в плоскости треугольника MgO-$2CaOSiO_2$-$MgOFe_2O_3$. Когда оно больше двух, то весь или часть Fe_2O_3 находится в соединении с CaO в виде легкоплавкого (1449°C) двухкальциевого феррита. Силикаты в этом случае образуют высокоогнеупорные соединения $2CaO$-SiO_2 (2130 °C) и $3CaO \cdot SiO_2$ (2070 °C). Когда же отношение $CaO/SiO_2 < 2$, то весь Fe_2O_3 находится в соединении с MgO в виде магнезиоферрита (1713°C), а силикаты представлены монтичеллитом $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$ (1430 °C) и мервинитом $3CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ (1436°C).

В системе CaO-MgO имеется одна эвтектика при 2370°C с массовой долей 33,2% MgO и твердые растворы с ограниченной растворимостью. При эвтектической температуре в CaO растворяется 17% MgO, а в оксиде магния – 7,8% CaO.

В системе CaO-MgO образование твердых растворов установлено лишь при $t>1900$ °C.

Способность к образованию твердых растворов является второй (наряду с высокой пористостью) особенностью, затрудняющей спекание доломита, так как при низких (<1900 °C) температурах взаимная объемная диффузия в твердых телах чрезвычайно мала,

В результате обжига во вращающейся печи получают порошки (фр. 8–0 мм) и свары (крупнее 8 мм). Источником образования доломитовых свар является примесь кусков доломита. Формирование этих сваров происходит интенсивно во второй половине зоны спекания за счет налипания агрегатов периклаза на декарбонизированное доломитовое ядро. Они представляют собой

перекристаллизированный доломит, окруженный корочкой различной толщины из периклаза, сцементированной силикатами. Свары состоят из периклаза, извести, мервинита и способны к гидратации [12].

Удельный расход условного топлива на 1 т обожженного периклазового порошка составляет в шахтных печах 180 – 200 кг, а во вращающихся – 360 – 460 кг. В качестве топлива используют природный газ.

Средний зерновой состав периклазового порошка по фракциям и содержание оксида магния в них приведены ниже:

Фракция, мм.....	> 8	8–1	3–1	< 1
Содержание фракции, %.....	до 12	7–12	28–33	55–65
Содержание MgO, %..	80,9–90,0	88,1–92,2	90,5–94,5	92,6–95,6

Примеси в магнезите и особенно легкоплавкие (диабаз) образуют в обжиге расплав, который способствует образованию сваров окатышей. Свары дробят, измельчают и складируют отдельно вследствие более низкого содержания в них оксида магния и повышенного содержания примесей.

Магнезит, обогащенный флотационным методом и полученный химическим путем, рекомендуют предварительно брикетировать, а затем в виде брикетов обжигать в печи.

Большим недостатком вращающихся печей по обжигу магнезита является значительный пылеунос, достигающий 25 %, и высокая температура отходящих газов (до 900 °С). Отходящее тепло утилизируют в котлах-утилизаторах, а очистку газов от пыли осуществляют в газоочистных устройствах. Эффективная работа этих устройств зависит от параметров газового потока: его температуры, состава и влажности, концентрации пыли в газовом потоке и удельного электрического сопротивления пыли перед электрофильтром.

Пыль, уловленная в системе газоочистки, имеет различную степень обжига и является тонкодисперсной. Она содержит до 80 % частиц размером < 0,06 мм.

Эта пыль называется каустической. Каустическая пыль плохо спекается, поэтому перед повторным ее обжигом рекомендуют дополнительно часть пыли измельчать в трубной мельнице, а затем брикетировать на плоских пресс-вальцах с немолотым порошком. При давлении прессования на пресс-вальцах, равным 80-90 Н/мм^2, получается брикет толщиной около 10 мм с плотностью 2,1 г/см^3; после обжига во вращающейся печи плотность материала возрастает до 3,1 г/см^3.

При всех недостатках, имеющихся у шахтных печей, они имеют и неоспоримые преимущества. В шахтных печах можно получить более высокие температуры обжига магнезита, чем во вращающихся. Используя дутье, обогащенное кислородом, обжиг магнезита ведут при температуре 2000 – 2100 °С. Они имеют и более низкий пылеунос. Шахтные печи являются экономически более выгодными при обжиге чистых магнезитов и оксида магния, полученного химическими методами [13].

Высококачественные спеченные периклазовые порошки на западном рынке подразделяют на 6 групп (C:S = $CaO:SiO_2$).

1. Класс LCA1 MgO > 97 %, C:S > 4:1, плотность > 3,43 г/см^3
2. Класс Al MgO > 97 %, C:S > 3:1, плотность > 3,43 г/см^3
3. Класс Bl MgO > 96 %, C:S > 2:1, плотность > 3,33 г/см^3
4. Класс B2 MgO > 95 %, C:S < 2:1, плотность > 3,25 г/см^3
5. Класс C1 MgO > 90 %, C:S < 2:1, плотность > 3,10 г/см^3
6. Класс FE MgO > 85 %, C:S > 2:1, плотность > 3,20 г/см^3, Fe_2O_3 > 4 %.

Большое значение также имеет размер кристаллов периклаза. Для высших сортов порошков размер кристаллов периклаза должен быть более 120 мкм.

Высококачественный спеченный периклаз − это материал, содержащий не менее 95 % MgO, C:S > 2:1, максимум 0,6 % SiO_2 и 0,10 % B_2O_3, минимум кажущейся плотности 3,40 г/см^3.

Существует значительная разница между американским и европейским рынками. Если европейские фирмы получают высококачественные порошки с

большим размером кристаллов периклаза (LCA1), то фирмы США этому не следуют.

Марки HD «Martin Marietta» и HW-97A «Harbison Walker» – периклаз высшего качества, имеет средний размер кристаллов не ниже 100 мкм. К югу от США (в Мексике) уже имеются производители периклаза с большим размером кристаллов («Magnesita» M-30 и «Penoles» RY-99-SAD), а также планируется организовать производство новых марок («Magnesita» M-40).

Спеченные периклазовые порошки класса B1 включают минимальный уровень MgO 96%, C:S = 2:1, они имеют плотность 3,33 г/см^3, но по определенным характеристикам не соответствуют классу A1. В этой категории несколько марок содержат MgO > 97 % и имеют плотность > 3,40 г/см^3, например, порошок марки K.F-98 фирмы «National Magnesia»; марки 9830 фирмы «Liaoning»; марки Ube-99S фирмы «Ube Chemical». Низкожелезистый периклаз «Radex» также входит в эту категорию.

Категории B2 и C1 имеют CaO/SiO_2 < 2:1,и категория B2 отличается от C1 более высоким содержанием MgO (MgO > 95 %) и марка 995-S фирмы «Ube Chemical» с содержанием 99,5% MgO и плотностью 3,45 г/см^3 не принимается во внимание из-за низкого отношения CaO/SiO_2 = 1,3. Но для покупателей, которым важно соотношение C:S, фирма «Ube Chemical» имеет другие марки: A1 (высокоплотный) или B1 (низкоплотный).

Последняя категория FE представляет различные высокожелезистые периклазовые порошки из Австрии и Словакии. Эти марки имеют очень высокое значение CaO/SiO_2, хотя содержание железа выше 5 % приводит к значительному снижению содержания MgO и плотности.

Основная часть рынка качественных огнеупоров, составляющая 20–30 % всего рынка магнезита, стабильна по сравнению с частью рынка низкокачественных огнеупоров. Однако в дальнейшем рынок для некачественных огнеупоров в целом будет сокращаться, но основная его часть, включающая спеченный периклаз, останется довольно устойчивой.

Общие затраты на производство периклазовых порошков возрастают быстрее по сравнению с рыночной ценой самих изделий. Предприятия, благоприятно размещенные по отношению к их потребителям, оказываются в предпочтительном положении, аналогично тем предприятиям, которые способны производить изделия высокого качества.

Будущее производства исходного периклаза будет зависеть от его способности создавать улучшенное изделие без существенного повышения его стоимости. При этом полученный искусственно периклаз будет конкурировать с периклазом, обогащенным сырьем из природных источников. Производство изделий, полученных на основе крупнокристаллического периклаза с низким содержанием железа, будет увеличиваться. В этом отношении перспективны Китай и Россия, на территории которых имеются крупные месторождения кристаллического магнезита [17].

Конечным показателем являются затраты, приходящиеся на 1 т огнеупоров или на 1 т производимой стали.

К спеченному периклазу в последнее время повысились требования по чистоте, плотности, размеру зерен и содержанию вредных примесей. Плотность должна быть более 3,4 г/см^3, уровень пористости снижается с 6 до 3 %, причем закрытых пор должно быть не более 50 %. Содержание SiO_2 должно быть снижено из-за ухудшения огнеупорных свойств, а модуль CaO/SiO_2 должен быть выше по сравнению с материалами, применявшимися несколько лет тому назад.

В Словакии в 1990 г. общая мощность «Slowmag» (SMZ) по производству спеченного периклаза составила 534 тыс. т и 27 тыс. т каустического периклаза. Из этого количества сделано 272 тыс. т периклазовых огнеупоров. «Slowmag» (SMZ) производит до 47 тыс. т высококачественных спеченных порошков марки Flotmag с флотационной установкой в Kosice. Flotmag имеет высокое содержание Fe_2O_3 (5,6 %) и относительно низкое MgO (90,2 %). Для производства изделий применяют в основном марки TS1 и TS11, имеющие высокое содержание Fe_2O_3 (5,5–8,5 %) и более низкое содержание MgO (87–89 %), но TS1 имеет более

высокое соотношение CaO/SiO_2 в сравнении с TS11, который имеет CaO/SiO_2 = 0,6–1 и более низкую плотность (3,15–3,25 г/см^3).

«Slowmag» (SMZ) планирует увеличить производство до 26 тыс. т спеченного периклаза более высокого качества; продукт будет иметь 99,5 % MgO с плотностью 3,40 г/см^3 (марка Hamag DBA). Фирма «Hacava» будет также производить марки каустического периклаза Хамаг LP и Hamag CP с 96,2 % MgO и 98,6 % MgO соответственно.

Словацкие магнезитовые заводы являются главными поставщиками периклазового порошка в Европе. В зависимости от условий применения порошки делятся на порошки для производства огнеупоров и для сталеплавильного производства. Для производства огнеупоров применяют приведенные в таблице 4 марки порошков.

Таблица 4 – Порошки Словакии для производства периклазовых изделий

Марка порошка	Химический состав, мас. %					Зернистость, мм	Плотность, г/см^3	Обжиг в печи
	MgO	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	$A1_2O_3$			
JE-1	86,5–88	2,7–3,5	0,6–1,2	7,5–8,5	<0,5	0–8	3,15–3,25	Вр
JE-2	86,5–88	2,7–3,2	0,6–1,2	7,5–8,5	<0,5	0–10	3,15–3,25	Шх
JE-S	87,0–89	2,7–3,2	0,6–1,2	7,5–8,5	<0,5	0–8	3,25–3,35	Вр
JU	86,5–87	2,5–3,2	1,5–2,2	7,5–8,5	<0,5	0–6	3,15–3,25	Шх
KO	87,0–89	2,7–3,2	0,6–1,2	7,5–8,5	<0,5	0–8	3,25–3,35	Вр

Фирма «SMZ-Hacava» (ранее «SMZ-Kosice») имела шахты с двумя вращающимися печами на жидком топливе. Выпуск продукции составлял 26 тыс. т высокочистого (99,5% MgO) порошка с плотностью 3,42 г/см^3. Завод фирмы работает по процессу Рутнера и обжигает брикеты в шахтной печи при 2100 – 2200 °С. Основные потребители продукции: германские, польские и венгерские предприятия. Потенциальные потребители – огнеупорные предприятия Западной и Восточной Европы. В 1996 г. на двух вращающихся печах произведено 25 тыс. т высокожелезистого периклаза с содержанием MgO – 88 % и Fe2O3 – 6 – 8 %.

Также производит каустический периклаз с содержанием оксида магния 97,3 – 98,0 % плотностью 3,23 г/см^3.

Шахты «Slowmag» (SMZ) добывали 1,2 млн. т магнезита. Полная мощность производства спеченного периклаз – 25 тыс. т, для высокотемпературного обжига используют 3 вращающиеся и 4 шахтные печи.

Состав периклазовых порошков Бразилии приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Спеченные периклазовые порошки Бразилии

Оксид	Содержание оксида в порошке марки, мас. %		
	М 10	М 20	М 30 В
MgO	94,80	95,30	98,40
SiO_2	1,35	1,35	0,22
CaO	0,49	0,45	0,85
Fe_2O_3	2,14	1,85	0,35
Продолжение MnO	0,87	0,84	0,12
Плотность, г/см^3	3,05	3,30	3,33
Пористость, %	11,9	3,3	1,7
Размер кристаллов, мкм	80	80	140

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ

По химическому и гранулометрическому составу ФОМ должен отвечать техническим требованиям ТУ 200-282-2003, представленным в таблицы 6.

Таблица 6 – Требования по химическому и гранулометрическому составу к ожелезненных магнезиальных флюсов

Наименование показателей	Норма, %
Массовая доля на прокаленное вещество, %	
MgO, не менее	66
CaO	12–22
Fe_2O_3	4–8
SiO_2, не более	5
S, не более	0,01
Содержание фракций, %	
>50 мм, не более	10
<8мм, не более	10

Флюс ожелезненный магнезиальный производится путем совместного обжига во вращающихся печах магнезиальных материалов и железосодержащих добавок. В качестве исходных материалов используется:

– сырой магнезит;

– каустический магнезитовый порошок, уловленный с печей ЦМП-3;

– руда сидеритовая.

Магнезит

Магнезит состоит из кристаллического минерала $MgCO_3$ [4]. По качеству, в зависимости от содержания примесей, магнезит из Саткинского месторождения разделяют по маркам, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика магнезита из Саткинского месторождения

Наименование показателя	Норма для марок			
	ММШ	ММИ	ММИО	ММП
Массовые доли %				
CaO, не более	1,4	2,1	1,4	4,0
SiO_2 , не более	0,9	1,1	1,5	2,0
Присадки доломита, не более	1,0	2,0	2,0	факультативно
Присадки диабаза, не более 60 мм	1,0	1,0	–	–
Присадки доломитизированного магнезита	не допускаются	–	–	–

Цвет магнезита белый с сероватым или желтоватым оттенком, иногда снежно-белый блеск стеклянный; твердость 4−4,5, плотность 2,9−3,1, распространен чаще в виде крупнозернистых агрегатов. Образует с кальцитом двойное соединение − доломит $CaCO_3 \cdot Mg\ CO_3$ [12].

Главные примеси в кристаллическом магнезите доломит, кальцит, диабаз и кварц, а в аморфном − змеевик и кварц. Особенно вредны в сырье примеси минералов, содержащих оксид кальция кремнезем, которые снижают огнеупорность магнезита.

Каустический магнезитовый порошок

Дымовые газы из вращающихся печей ЦМП-3 проходят очистку в циклонах и электрофильтрах, в которые поступают через газоходы и котлы-утилизаторы. Уловленный каустический порошок используется для повторного обжига с сырым магнезитом, а также в качестве товарной продукции по ГОСТ 1216-87 «Порошки магнезитовые каустические».

Цвет каустического магнезита светлый, он сложен как аморфными, так и

кристаллическими частицами, соотношение которых зависит от ряда факторов: режима обжига, скорости движения дымовых газов и печи, гранулометрического состава исходного минерального сырья.

Руда сидеритовая

Руда сидеритовая, поставляемая с ОАО «Бакальские рудники» должна отвечать требованиям, представленным в таблице 8.

Таблица 8 – Требования по химическому и зерновому составу к руде сидеритовой по ТУ 0711-052-49112940-00

Наименование показателей	Норматив
Массовая доля, %	
Fe_2O_3, не менее	30
SiO_2, не более	10
Зерновой состав, %	
остаток на сите № 13, не более	15
Влажность, %, не более	4,0

3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОЖЕЛЕЗНЕННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ФЛЮСОВ

Флюс ожелезненный магнезиальный производится путем совместного обжига во вращающихся печах магнезиальных материалов и железосодержащих добавок. В качестве магнезиальных материалов используется сырой магнезит фракции 50–0 мм и каустическая пыль, уловленная циклонами (MgO=78,3 %). В качестве железосодержащих добавок применяется агломерат сидерита (Fe_2O_3=65–74,5 %) или конвертерный шлам (Fe_2O_3=47,5 %). Температура материалов в зоне обжига достигает 1500 °С. Состав сырьевой шихты приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Состав шихты для обжига флюса на основе магнезита

Компоненты шихты	Количество, %
Сырой магнезит фракции 40–0 мм	45–50
Каустический магнезитовый порошок	40–55
Руда сидеритовая фракции 13–0 мм	8±1

В результате обжига получается продукт фракции 40–0 мм, из которого отсевается фракция 4–0 мм, а продукт фракции 40–4 мм отправляется на металлургические предприятия. Флюс фракции более 8 мм имеет форму, близкую к шарообразной. По внутреннему строению флюса встречается трех видов: сплошные без ядра, со сплошным ядром и с ядром, содержащим каверну. В кавернах содержание Fe_2O_3 выше, чем в среднем составе флюс и составляет 18–31 %. Кажущаяся плотность гранул составляет 2,6 г/см^3 , а их открытая пористость 27–33 %.

Производство данного вида продукции осуществляется по технологической схеме, показанной на рисунке 1.

Руда сидеритовая привозится с помощью автотранспорта и подается в приемный бункер, откуда затем при помощи элеватора и ленточных конвейеров поступает в бункер над дозатором.

Сырой магнезит фракции 10–5 мм цех получает с дробильно-обогатительной фабрики по грузоподвесной канатной дороге в приемный сырьевой бункер над

печью.

Из бункера с помощью ленточного автоматического дозатора с электронными блоками поступает через загрузочную течку в черпаковый питатель печи, куда также попадает по течке руда. Черпаковый питатель представляет собой неподвижную загрузочную ванну, опоясывающую корпус печи, и четыре ковша, приваренных к корпусу и вращающихся вместе с нею.

Высота ковшей подбирается таким образом, чтобы глубина зачерпывания из ванны сырья не позволяла выдавливать часть этого сырья через лабиринтное уплотнение ванны наружу.

Каустический магнезитовый порошок поступает на обжиг из пылевого бункера при помощи ячейкового питателя.

Пройдя процесс обжига в печи, материал охлаждается в холодильнике. Охлаждение осуществляется двумя путями: первый, и основной – путем подачи тепла в теплообменных устройствах от материала воздуху, который просасывается через весь холодильник; омывает пересыпающийся порошок, охлаждает его и, нагреваясь, поступает в печь на горение в качестве вторичного воздуха. Второй путь – подача тепла от материала через корпус холодильника воде, орошающей корпус снаружи. С этой целью на внешней стороне корпуса смонтированы две ванны водяного охлаждения. Вода, подающаяся с насосной на охлаждение холодильников, используется затем вновь для этих же целей, пройдя отстойник и градирню, то есть, работая в оборотном цикле. Способ водяного охлаждения материала путем орошения корпуса холодильника менее эффективный, чем воздушный. Главная же цель этого способа – охладить сам корпус с целью уменьшения величины линейного расширения холодильника при нагреве и тем самым создать возможность смонтировать более герметичные уплотнения горячего и холодного его концов [11].

Охлажденный до температуры 80–100 °С материал поступает на штампованные сита, смонтированные на выходе из холодильника и имеющие размер ячеек 8 мм. Пройдя эти сита, весь валовый продукт разделяется на две фракции: первая размером 8–0 мм называется «порошком», вторая с крупностью свыше 8 мм назы-

вается «сварами». Полученные два вида продукции раздельными технологическими потоками по ленточным конвейерам подаются: фракция 40–8 мм – в силос фракции 40–4 мм, фракция 8–0 мм – на поток рассева порошков. Силос представляет собой железобетонный вертикальный цилиндр.

Емкость каждого силоса зависит от насыпной плотности складирующего в них порошка и достигает при коэффициенте заполнения 0,87 до 1000 т. Разгрузка порошков с транспортных лент в силос осуществляется с помощью передвижных разгрузочных тележек, установленных непосредственно на рамах этих лент и передвигающихся от отдельных электродвигателей. Выгрузка порошка из силоса осуществляется по течке через питатель.

Поток рассева порошков включает в себя грохот, разделяющий подаваемый на него порошок фракции 8–0 мм на фракции 8–4 и 4–0 мм. Фракция 8–4 мм с помощью ленточного конвейера направляется в силос фракции 40–4 мм. Оставшуюся фракцию 4–0 мм можно повторно использовать при производстве флюса марки ФОМ. Готовая товарная фракция 40–4 мм транспортируется в отгрузочный бункер.

Дымовые газы из печей поступают через футерованный шамотными изделиями газоход в котёл утилизатора, в котором используется (утилизируется) часть тепла этих газов. Принцип использования тепла здесь сводится к нагреву воды в трубах змеевиков и получению перегретого пара. На горизонтальной части газохода смонтирована свеча безопасности, клапан, который имеет площадь 0,5 м^2. Кроме того, для безопасности работы на конусной его части, расположенной сразу за печью, установлены ещё два боковых клапана, площадью 0,25 м. Непосредственно перед котлом-утилизатором за переходной камерой на газоходе смонтирован шибер, позволяющий полностью перекрыть сечение газохода в случае необходимой отсечки дымовых газов от котла. Шибер имеет ручной и электрический привод, установленные на площадке переходной камеры.

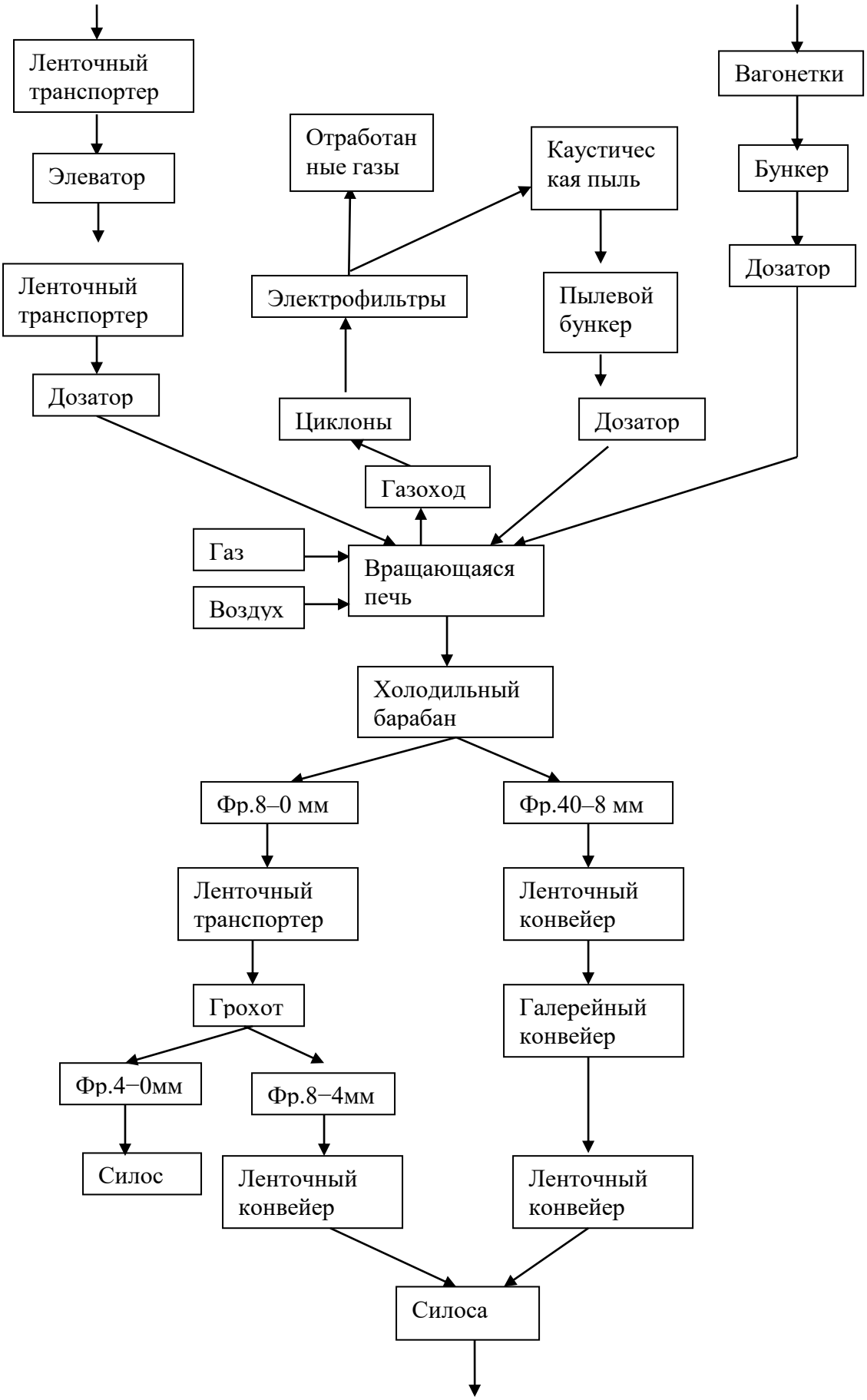
После котла-утилизатора дымовые газы, охлаждённые до температуры 220–240 °С поступают по газоходу непосредственно в отделение газоочистки. Здесь они проходят вначале первую стадию отчистки в батарейных. На печи

установлены две батареи циклонов, по шесть штук в каждой батарее. Зерновой состав пыли, улавливаемой в циклонах, отмечается повышенной крупностью, чем пыль из электрофильтров.

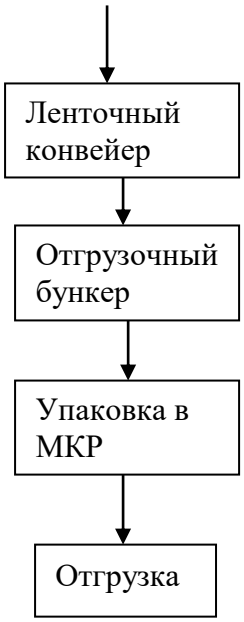
Уловленная пыль собирается в небольших бункерах под циклонами. На печи имеется восемь бункеров, из которых ячейковыми питателями подается в большие шнеки, с диаметром спирали 500 мм. В дальнейшем, этими шнеками пыль транспортируется в элеваторы и складывается в отгрузочные бункера. Бункера оборудованы течками для заполнения пневмонасосов (баллоны пневмотранспорта), установленных под ним. На каждой площадке бункеров смонтированы по четыре баллона [11].

Частично очищенные дымовые газы поступают на дальнейшую очистку в электрофильтры. Это вторая стадия очистки. Степень улавливания пыли в электрофильтрах достигает 98%. Попадая в электрофильтр, частички пыли заряжаются отрицательными зарядами под воздействием электрополя высокого напряжения и устремляются к осадительным электродам, имеющим противоположный заряд. Осевшие на осадительные электроды частички заряженной пыли, с помощью встряхивания всей рамы этих электродов отделяются от них и попадают вниз, в бункера, смонтированные по две штуки под каждым полем. Очищенные дымовые газы из электрофильтров поступают в дымосос и через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу.

Рисунок 1 – Технологическая схема производства ожелезненного магнезиального флюса



Продолжение рисунка 1



Окончание рисунка 1

Материальный баланс производства

Материальным балансом производства называется расчетное равенство количества сырья и вспомогательных материалов, поступающих на предприятие, и готовой продукции, отгружаемой потребителю, с учетом химических и механических потерь на всех стадиях технологического прогресса.

Выход готового флюса − 80000 т/год.

Исходные данные:

– п.п.п. магнезита 44 %;

– п.п.п. каустика 10 %;

– влажность магнезита: 5 %;

– безвозвратные потери при транспортировке: 1 %;

– пылеунос при обжиге во вращающейся печи: 25 % ;

− состав шихты:

сырой магнезит фракции 40–0 мм: 50 % или 40000 т;

каустический магнезитовый порошок: 42,9 % или 34320 т;

руда сидеритовая фракции 13–0 мм: 7,1 % или 5680 т.

Сырой магнезит

1. Выход продукции из вращающейся печи с учетом безвозвратных потерь при транспортировке в процессе переработки:

$$Q_1 = Q_{год} \cdot 100/(100 - q_1), \quad (1)$$

где $Q_{год}$ – годовая потребность в исходном компоненте, т; q_1 – безвозвратные потери при транспортировке, %.

$$Q_1 = 40000 \cdot 100/(100 - 1) = 40404{,}04 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратных потерь при транспортировке:

$$q_1' = Q_1 - Q_{год} = 040404{,}04 - 40000 = 404{,}04 \text{т/год.} \quad (2)$$

2. Подача сырого магнезита в печь с учетом потери при прокаливании:

$$Q_2 = Q_{год} \cdot 100/(100 - q_2), \quad (3)$$

где q_2 – потери при прокаливании, %.

$$Q_2 = 40404{,}04 \cdot 100/(100 - 44) = 72150{,}07 \text{ т/год.}$$

Масса потерь при прокаливании:

$$q_2' = Q_2 - Q_1 = 72150{,}07 - 40404{,}04 = 31746{,}03 \text{ т/год.} \quad (4)$$

3.Подача сырого магнезита в печь с учетом пылеуноса:

$$Q_3 = Q_2 \cdot 100/(100 - q_3), \quad (5)$$

где q_3 – процент выносимой пыли;

$$Q_3 = 72150{,}07 \cdot 100/(100 - 25) = 96200{,}09 \text{ т/год.}$$

Масса выносимой пыли:

$$q_3' = Q_3 - Q_2 = 96200{,}09 - 72150{,}07 = 24050{,}02 \text{ т/год.} \quad (6)$$

Масса улавливаемой пыли:

$$q_3'' = q_3' \cdot k/100, \quad (7)$$

где k – коэффициент полезного действия пылеулавливающего устройства.

$$q_3'' = 24050{,}02 \cdot 98/100 = 23569{,}02 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратно уносимой пыли:

$$q_3''' = q_3' - q_3'' = 24050{,}02 - 13569{,}02 = 481{,}00 \text{ т/год.} \quad (8)$$

Подача сырого магнезита в печь с учетом возврата пыли в производство:

$$Q_4 = Q_3 - q_3'' = 96200{,}09 - 13569{,}02 = 82631{,}07 \text{ т/год.} \quad (9)$$

4. Подача сырого магнезита в печь с учетом влажности:

$$Q_5 = Q_4 \cdot 100/(100 - q_5),(10)$$

где q_5 – влажность магнезита, %,

$$Q_5 = 82631{,}07 \cdot 100/(100–5) = 86980{,}07 \text{ т/год.}$$

Масса воды, испаряемой в печи:

$$q_4' = Q_5 – Q_4 = 86980{,}07 – 82631{,}07 = 4349{,}0 \text{т/год.} \quad (10)$$

Каустический магнезитовый порошок

1. Выход каустического магнезитового порошка из вращающейся печи с учетом безвозвратных потерь при транспортировке в процессе:

$$Q_1 = 34320 \cdot 100/(100 – 1) = 34666{,}66 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратных потерь при транспортировке:

$$q_1' = Q_1 – Q_{год} = 34666{,}66 – 34320 = 346{,}66 \text{ т/год.}$$

2. Подачу каустика в печь с учетом потери при:

$$Q_2 = 34666{,}66 \cdot 100/(100 – 10) = 38518{,}51 \text{ т/год.}$$

Масса потерь при прокаливании:

$$q_2' = Q_2 – Q_1 = 38518{,}51 – 34666{,}66 = 3851{,}85 \text{ т/год.}$$

3. Подача каустика в печь с учетом пылеуноса:

$$Q_3 = 38518{,}51 \cdot 100/(100–25) = 51358{,}01 \text{ т/год.}$$

Масса выносимой пыли:

$$q_3' = Q_3 – Q_2 = 51358{,}01 – 38518{,}51 = 12839{,}50 \text{ т/год.}$$

Масса улавливаемой пыли:

$$q_3'' = 12839{,}5 \cdot 98/100 = 12582{,}71 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратно уносимой пыли:

$$q_3''' = q_3' – q_3'' = 12839{,}5 – 12582{,}71 = 256{,}79 \text{ т/год.}$$

Подача каустика в печь с учетом возврата пыли в производство:

$$Q_4 = Q_3 – q_3'' = 51358{,}01 – 12582{,}71 = 38775{,}3 \text{ т/год.}$$

Руда сидеритовая

1. Выход сидеритовой руды из вращающейся печи с учетом безвозвратных потерь при транспортировке в процессе переработки:

$$Q_1 = 5680 \cdot 100/(100–1) = 5737,37 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратных потерь при транспортировке:

$$q_1' = Q_1 – Q_{год} = 5737,37 – 5680 = 57,37 \text{ т/год.}$$

2. Подачу руды в печь с учетом потери при прокаливании:

$$Q_2 = 5737,37 \cdot 100/(100–30) = 8196,24 \text{ т/год.}$$

Масса потерь при прокаливании:

$$q_2 = Q_2 – Q_3 = 8196,24 – 5737,37 = 2458,87 \text{ т/год.}$$

3. Подача руды в печь с учетом пылеуноса:

$$Q_3 = 8196,24 \cdot 100/(100 – 25) = 10928,32 \text{ т/год.}$$

Масса выносимой пыли:

$$q_3' = Q_3 – Q_2 = 10928,32 – 8196,24 = 2732,08 \text{ т/год.}$$

Массу улавливаемой пыли:

$$q_3'' = 2732,08 \cdot 98/100 = 2677,44 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратно уносимой пыли:

$$q_3''' = q_3' – q_3'' = 2732,08 – 2677,44 = 54,64 \text{ т/год.}$$

Подача руды в печь с учетом возврата пыли в производство:

$$Q_4 = Q_3 – q_3'' = 10928,32 – 2677,44 = 8250,88 \text{ т/год.}$$

4. Подача руды в печь с учетом влажности:

$$Q_5 = 8250,88 \cdot 100/(100–5) = 8685,14 \text{ т/год.}$$

Масса воды, испаряемой в печи:

$$q_4' = Q_5 – Q_4 = 8685,14 – 8250,88 = 434,27 \text{ т/год.}$$

Данные баланса суммируем и обобщенные данные сведем в таблице 10.

Таблица 10 – Обобщенные данные по материальному балансу производства ФОМ

Приход, т/год	Расход, т/год
Подача магнезита в печь− 86980,07 Подача порошка в печь − 38775,3 Подача руды в печь − 8685,14	Производительность − 80 000 Потери при транспортировке – 808,07 Потери при прокаливании – 38 056,75 Безвозвратно уносимая пыль – 792,43 Испаряемая влага – 4 783,27
Итого 134440,51	Итого 134440,51

Невязка баланса равна 0 %.

Таким образом с учетом заданной годовой производительности 80000 тонн необходимо следующее сырье: магнезита в печь− 86980,07 т; каустического порошка − 38775,3 т; сидеритовой руды − 8685,14 т.

4 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Контроль производства флюсов складывается из контроля сырья, контроля технологического процесса, контроля готовой продукции.

Технический контроль производства осуществляет Управление контролем качества и исследований (УККиИ). УККиИ представляет собой самостоятельное структурное подразделение комбината. Основной обязанностью УККиИ является осуществление контроля качества выпускаемой продукции, строго соответствуя ее стандартам и техническим условиям. УККиИ контролирует соблюдение установленной технологии на всех стадиях производства, а также поступающих в цех сырья и материалов.

Лабораторные работы по контролю технологического процесса возлагаются на лабораторию комбината, которая должна выполнять все анализы, осуществлять методическое руководство работой цеховых лабораторий, обеспечивать их реактивами, приборами, аппаратурой. В состав центральной лаборатории входят термомеханический, аналитический, исследовательский, петрографический отделы [10].

Контроль качества сырья и правильность его складирования является первой и очень важной операцией в общей схеме производства. Технические условия на сырье, в зависимости от его вида регламентируют химический состав, огнеупорность, влажность, водопоглощение, а также показатели общего вида: крупность кусков, наличие видимых засорений.

Результаты лабораторных анализов и испытаний сырья заносят в специальные журналы, сведения.

Текущий контроль производства предусматривает:

а) соблюдение технологического процесса;

б) предупреждение причин, приводящих к браку продукции;

в) отсортировку бракованной продукции от годной.

Участки контроля и содержание определений устанавливают в зависимости от технологической схемы и характера производства.

В цехе при разработке схемы контроля производства регламентируют: точки контроля; частоту контроля; персонал, осуществляющий контроль или отбор проб; содержание контроля; методы контроля и так далее. На все операции по отбору проб и осуществлению определений составляют лабораторные инструкции [10].

Пробы необходимо отбирать на таких участках технологического процесса и такими приемами, чтобы результаты контроля могли быть использованы, как для своевременного изъятия дефектного полуфабриката на ближайших стадиях производства, так и для срочного устранения причин, вызвавших замеченное нарушение технологии. Схема контроля производства высокомагнезиального флюса представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Контроль технологии производства

Наименование контролируемого материала	Контролируемый параметр	Место отбора проб	Частота отбора проб	Частота определений	Кто отбирает пробы	Кто производит определения	НД для контроля
Сырой магнезит	Массовая доля MgO, CaO Зерновой состав на сите № 10,5	Дозатор печи	2 раза в сутки	2 раза в сутки	ЦМП–3	УККиИ	ГОСТ 2642.7–97 НДП МХ 155–2000 НДП МС 20–2000
Руда сидеритовая	Массовая доля Fe_2O_3 Зерновой состав на сите № 10,8,5,3,1	Бункер	При заполнении бункера	При заполнении бункера	ЦМП–3	ОКИ	ГОСТ 2642.5-97 НДП МС 20–2000 ГОСТ 277707–88 ГОСТ 28584–90
Высокомаг-незиальный флюс	Массовая доля MgO, CaO, Fe_2O_3, SiO Зерновой состав на сите № 40,4	Конвейер	От каждой партии	От каждой партии	ЦМП–3	ОКИ	ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ НДП МХ 155–2000 ГОСТ 2642–97 НДП МС 20–2000

5 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Произведем замену ленточного транспортера после холодильного барабана и галерейную ленту на Z−образный элеватор ковшевой.

Ковшевой элеватор имеет ряд преимуществ над ленточным конвейером, такие как:

− экономия производственных площадей;

− отсутствие перегрузок, то есть работа пересыпного оборудования работает от работы элеватора;

− отсутствие дополнительного истирания материала: транспортируемый материал подвергается меньшему механическому воздействию, так как поперечные перегородки закрепляются при помощи вулканизации, что дает эластичность присоединений и способствует гашению динамических нагрузок;

− уменьшение запыленности;

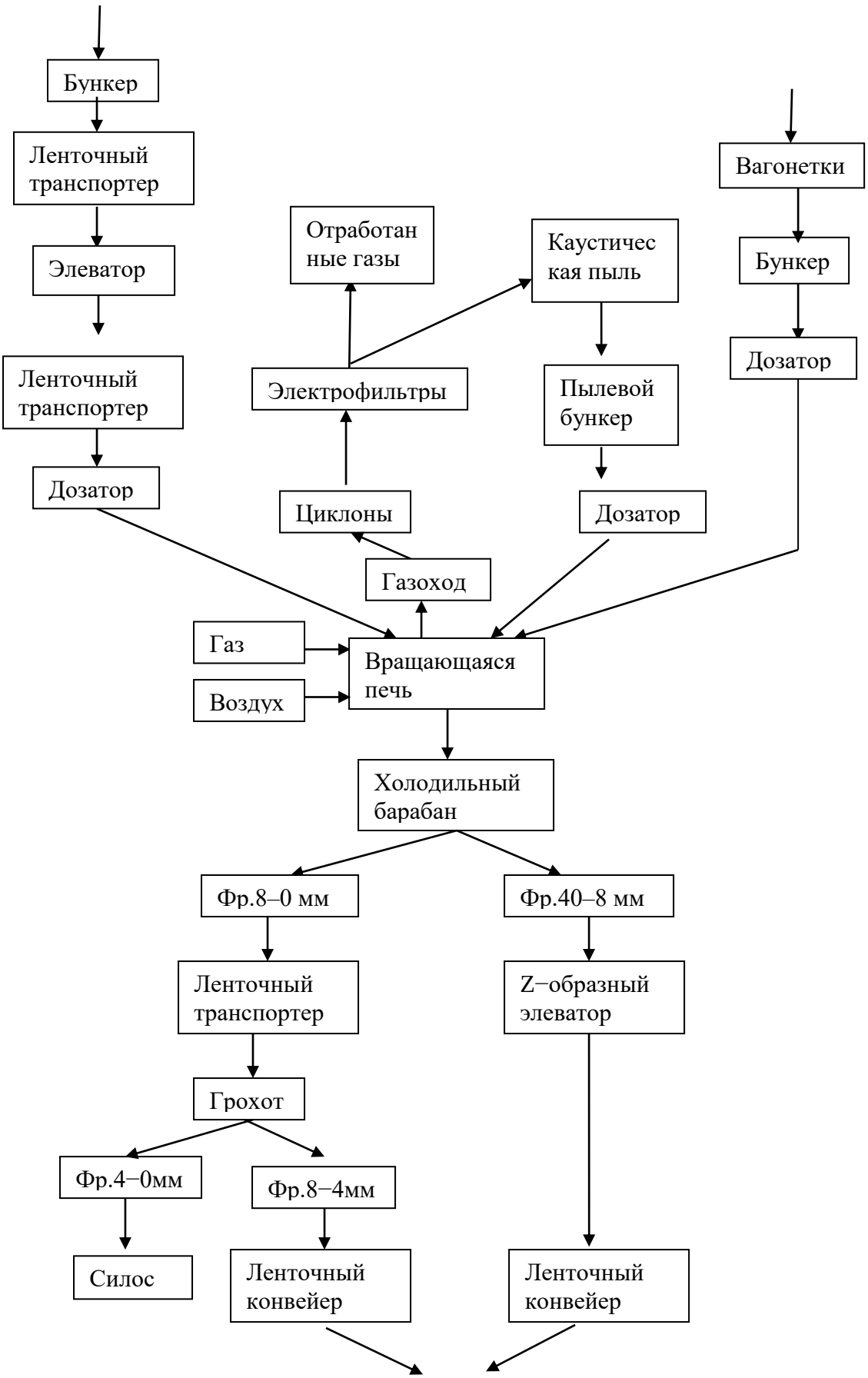
− отсутствие просыпи, что ведет уменьшению потерь материала при транспортировании и снижение трудовых затрат при обслуживании транспортера.

Технические характеристики Z−образный элеватор предоставлены в таблице 12.

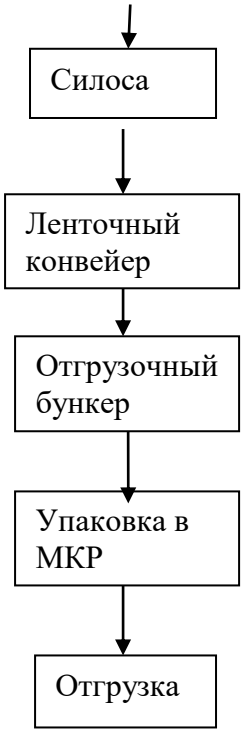
Таблица 12 − Техническая характеристика Z−образный элеватор ковшевого

Наименование показателя	Величина
Потребляемая мощность, кВт	5,5
Тип конического редуктора	KR473−132S/4
Тип загрузочного устройства	насыпной
Тип разгрузки ковшей элеватора	центробежная

Рисунок 2 – Технологическая схема производства ожелезненного магнезиального флюса после изменения



Продолжение рисунка 2



Окончание рисунка 2

Производительность 80 тыс. тонн.

Для более точного дозирования по массе устанавливаются весовые дозаторы. В огнеупорной промышленности применяются две группы автоматических весов: периодического и непрерывного действия [2]. Для непрерывной подачи сырья в печь принимаются весовые дозаторы непрерывного действия типа ЛДА-100 с электронными блоками управления или модифицированный ДН 42-86 с электронными блоками управления с характеристиками, приведенными в таблице 13.

Таблица 13 – Техническая характеристика дозатора типа ДН 42-86

Наименование	Показатели
Производительность, т/ч	50
Ширина ленты дозатора, мм	1 000
Скорость ленты дозатора, м/с	0,35
Тип вибропитателя	ПЭВ–3–2х9,5
Ширина лотка вибропитателя, мм	850
Суммарная потребляемая мощность, кВт	2

– для сырого магнезита: $n = \frac{86980,07}{50 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,28.$

– для каустика: $n = \frac{38775,3}{50 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,13.$

– для седиритовой руды: $n = \frac{8685,14}{50 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,03.$

Принимаем три дозатора с учетом, что на данную производительность необходимо одна вращающаяся печь.

Ленточные конвейера применяют для горизонтального или наклонного (под углом горизонтальной плоскости до 22° перемещения сыпучих материалов при длине транспортирования до 200 м) [2].

Техническая характеристика конвейера представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Техническая характеристика ленточного конвейера

Наименование	Показатели
Производительность, т/ч	30
Ширина, мм	500
Скорость ленты, м/с	0,7
Коэффициент использования	0,75

$$n = \frac{34666,66+40404,04+5737,37}{30 \cdot 8760 \cdot 0,7} = 0,44.$$

Принимаем 1 ленточный конвейер

Для разделения порошка на фракции используем грохот марки ГИЛ-32, технические характеристики которого приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики грохота типа ГИЛ - 32

Наименование	Показатели
Тип грохота	инерционный наклонный
Размеры сит, мм	1 250 х 2 500
Количество сит, шт	2
Амплитуда колебаний, мм	2,5
Частота колебаний короба, об/мин	1 150
Угол наклона короба, ^{0}	10–25

Окончание таблицы 15

Наименование	Показатели
Производительность, $м^3$/ч (т/ч)	31(53)
Частота вращения вала двигателя, об/мин	1 440
Мощность электродвигателя	5,5
Масса грохота без двигателя, т	2,4

$$n = \frac{34666,66+40404,04+5737,37}{53 \cdot 8760 \cdot 0,60} = 0,29.$$

Принимаем один грохот.

Элеваторы типа ЭЛГ-250 применяются для вертикального подъема порошкообразных и кусковых материалов на высоту до 40 метров. Ленточные ковшовые элеваторы применяются в огнеупорной промышленности для подъема зернистых и мелкокусковых материалов [2]. Техническая характеристика грохота представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Техническая характеристика ленточного ковшового элеватора типа ЭЛГ-250

Показатели	Значения
Ёмкость ковша, дм	1,1
Шаг ковшей, мм	300
Скорость движения ленты, м/с	1,0
Производительность, т/ч	20
Число оборотов приводного барабана, об/мин	49
Число оборотов двигателя, об/мин	950

$$n = \frac{34666,66+40404,04+5737,37}{20 \cdot 8760 \cdot 0,65} = 0,71.$$

Принимаем один элеватор.

Таким образом, с учетом предложенного в существующую технологию было подобрано и определенно необходимое количество основного оборудования –

одна вращающаяся печь, вспомогательного – 3 дозатора, 1 грохот, 1 ленточный конвейер, 1 элеватор.

6 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВА

6.1 Вращающиеся печи

Вращающиеся печи в настоящее время относятся к наиболее высокопроизводительным и механизированным печным агрегатом обжига кусковых материалов. Эти печи применяются для обжига высокомагнезиального флюса [13].

Вращающаяся печь, показанной на рисунке 3, состоит из двух основных частей: собственно самой печи, где происходит нагрев и обжиг материала и холодильника, где происходит остывание готового продукта перед дальнейшим использованием.

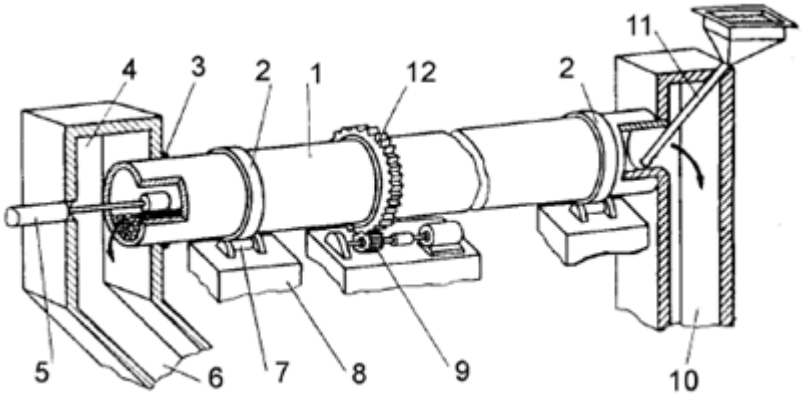


Рисунок 3 – Схема вращающейся печи для обжига высокомагнезиального флюса: 1 − барабан; 2 − бандаж; 3 − уплотнение; 4 – топочная камера (горячая головка); 5 – топливосжигающее устройство; 6 − разргузочная течка; 7 − опорные ролики; 8 – фундамент; 9 – привод барабана; 10 − газоотводная камера (головка печи); 11− загрузочное устройство; 12 − венцовая шестерня

Печь представляет собой длинный металлический барабан, установленный наклонно на роликовых опорах с уклоном 3−5 % и имеющий внутреннюю футеровку из огнеупорного материала. Печь приводится во вращение электродвигателем посредством передачи момента от редуктора на венцовую шестерню, эластично закрепленную на барабане [13].

Холодильник имеет конструкцию, аналогичную конструкции барабана печи. Длина и диаметр барабана холодильника меньше чем у печи, поэтому привод

холодильника имеет меньшую мощность. Для ликвидации меньшей пропускной способности холодильника уклон барабана и скорость его вращения увеличены. Энергия, необходимая для нагрева и обжига материала выделяется при сжигании топлива в канале печи. Основным топливом служит природный газ или мазут. Твердые виды топлива неприменимы вследствие низкой теплотворной способности, сложности использования и наличия золы. На производстве обычно используется только газ, мазут используется в качестве резервного топлива на случай отсутствия основного. Подача топлива в канал печи производится соответственно через газовые горелки или мазутные форсунки, установленные в откатной части горячей головки печи. Газ поступает к печи от газового распределительного пункта (ГРП) под давлением 0,6–0,8 МПа. Расход газа регулируется дроссельным клапаном, установленным на газопроводе до горелки, путем изменения.

Воздух, необходимый для горения, затягивается через холодильник, охлаждая тем самым материал, и поступает горячим в печь. Продукты сгорания топлива поднимаются к холодной головке печи и попадают в пылевую камеру, где улавливается часть увлеченной потоком пыли. Далее поток горячих газов через газоход поступает в котел-утилизатор. В котле-утилизаторе происходит нагрев воды до парообразования, при этом температура отходящих газов снижается с 750 °С до 350 °С. После этого газы проходят через ряд элементов системы газоочистных сооружений – циклоны, электрофильтры и через дымосос выбрасываются в дымовую трубу. Дымосос создает разрежение во всем газовом тракте печи, которое увеличивает естественную тягу. Величина разрежения регулируется поворотной заслонкой (шибером), установленной перед дымососом.

Загрузка сырья в печь осуществляются дозаторами различных типов. После дозатора сырье попадает в течку , а затем в печь. За счет наклона барабана печи и вращательного движения сырье перемещается от холодной головки к горячей головке печи, нагреваясь до 1650 °С. Проходя через пересыпной колодец, материал попадает в холодильник. Обожженный продукт перемещается в холодильнике, как и в печи, за счет вращения и уклона барабана. Остывший до температуры 80–140 °С материал ссыпается из холодильника на транспортерные

ленты и перемещается к месту дальнейшей обработки.

Печь на всем протяжении условно делится на четыре зоны, которые характеризуются различными температурами. В соответствии с их длиной и расположением производится внутренняя футеровка печи.

Таблица 17 – Технические характеристика вращающихся печи для обжига огнеупорных материалов

Наименование	Показатели
Размеры печи, м: длина диаметр	 95 3,0
Частота вращения, об/мин	2,34
Производительность, т/ч	10, 14
Удельный расход: условного топлива, кг/т электроэнергии, кВт·ч/т сырья, т/т	 365 72,2 2,10
Запыленность газов, г/м^3: на входе в газоочистку на выходе из газоочистки	 50−60 0,8−1,0
Температура дымовых газов в холодном конце печи, °С	700−760

6.2 Расчет горения топлива

Основным топливом служит природный газ из групп северных месторождений Западной Сибири. Транспортируется он по газопроводу. Резервным топливом служит мазут. В таблице 18 показан состав сухого газа.

Таблица 18 – Состав сухого газа

CH_4, %	C_2H_6, %	C_3H_8, %	C_4H_8, %	N_2,%	CO_2, %	Сумма,%
98,16	0,7	0,22	0,05	0,82	0,05	100

Топливо считается с коэффициентом расхода воздуха α = 1,14. Воздух, идущий на горение, нагревается до температуры 700 °С.

Принимаем содержание влаги в воздухе 1,0 %. Пересчитаем состав сухого газа на влажный рабочий газ:

$$CH_4^{вл} = CH_4^c \frac{100 - H_2O}{100} = 98{,}16 \cdot \frac{100-1}{100} = 97{,}18. \quad (11)$$

Составляющие сводим в таблицу 19.

Таблица 19 – Состав влажного газа

$CH_4^{ВЛ}$, %	$C_2H_6^{ВЛ}$ %	$C_3H_8^{ВЛ}$, %	$C_4H_{10}^{ВЛ}$, %	$N_2^{ВЛ}$, %	$CO_2^{ВЛ}$, %	$H_2O^{ВЛ}$, %	Сумма, 100%
97,18	0,69	0,22	0,05	0,81	1,0	0,05	100

Определим теплоту сгорания газа по следующей формуле;

$$Q_н^р = 358{,}2CH_4 + 637{,}5C_2H_6 + 912{,}5C_3H_8 + 1186{,}5\ C_4H_{10} \quad (12)$$

$$Q_н^р = 358{,}2 \cdot 97{,}18 + 637{,}5 \cdot 0{,}69 + 912{,}5 \cdot 0{,}22 + 1186{,}5 \cdot 0{,}05 = 35509{,}84 кДж/м^3.$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха:

$$L_{теор} = 0{,}264/100 \cdot Q_н^р + \Delta L. \quad (13)$$

Находим теоретически необходимое количество воздуха с учетом его влажности по формуле:

$$L'_{теор} = 1{,}01 \cdot L_{теор} \quad (14)$$

$$L'_{теор} = 1{,}016 \cdot 9{,}4 = 9{,}55\ м^3/м^3.$$

Действительное количество воздуха при коэффициенте расхода α = 1,14:

сухого: $L_\alpha = 1{,}14 \cdot 9{,}4 = 10{,}716\ м^3/м^3$;

атмосферного: $L'_\alpha = 1{,}14 \cdot 9{,}55 = 10{,}887\ м^3/м^3$.

Определим количество и состав продуктов горения при α = 1,14 по формулам:

$$V_{CO2} = 0{,}01 \cdot (CO_2 + CH_4 + 2 \cdot C_2H_6 + 3 \cdot C_3H_8 + 4 \cdot C_4H_{10}) \quad (15)$$

$$V_{CO2} = 0{,}01 \cdot (0{,}05 + 97{,}18 + 2 \cdot 0{,}69 + 3 \cdot 0{,}22 + 4 \cdot 0{,}05) = 0{,}995 м^3/м^3.$$

$$V_{H2O} = 0{,}01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3 \cdot C_2H_6 + 4 \cdot C_3H_8 + 5 \cdot C_4H_{10} + H_2O + 0{,}16\ d \cdot L_\alpha),$$

где d – влагосодержание атмосферного воздуха, d=10г/кгс.в.

$$V_{H2O} = 0{,}01 \cdot (2 \cdot 97{,}18 + 3 \cdot 0{,}69 + 4 \cdot 0{,}22 + 5 \cdot 0{,}05 + 0{,}16 \cdot 10 \cdot 10{,}72) = 2{,}166\ м^3/м^3.$$

$$V_{N2} = 0{,}79 \cdot L_\alpha + 0{,}01\ N_2 \quad (16)$$

$$V_{N2} = 0{,}79 \cdot 10{,}72 + 0{,}01 \cdot 0{,}81 = 8{,}48\ м^3/м^3.$$

$$V_{O2} = 0{,}21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_o \quad (17)$$

$$V_{O2} = 0{,}21 \cdot (1{,}14 - 1) \cdot 9{,}4 = 0{,}276\ м^3/м^3.$$

Общее количество продуктов горения составляет:

$$V_\alpha = 0{,}995 + 2{,}166 + 8{,}48 + 0{,}276 = 11{,}917\ м^3/м^3.$$

Находим процентный состав продуктов горения по формулам:

$$CO_2 = (100 \cdot V_{CO2})/V_L \quad (18)$$

$$CO_2 = (100 \cdot 0{,}955)/\ 11{,}917 = 8{,}3\%.$$

$$H_2O = (100 \cdot V_{H2O})/V_L \quad (19)$$

$$H_2O = (100 \cdot 2{,}166)/11{,}917 = 18{,}2\ \%.$$

$$N_2 = (100 \cdot V_{N2})/V_L \quad (20)$$

$$N_2 = (100 \cdot 8{,}48)/\ 11{,}917 = 71{,}2\ \%.$$

$$O_2 = (100 \cdot V_{O2})/V_L \quad (21)$$

$$O_2 = (100 \cdot 0{,}276)/11{,}917 = 2{,}3\ \%.$$

Всего: 100%.

Составляем материальный баланс процесса горения (таблице 20). Он необходим для определения количества воздуха, пошедшего на горение, и продуктов сгорания в результате горения.

Таблица 20 – Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Природный газ		Продукты горения	
CH_4= 97,18·0,717	69,678	CO_2=0,995·100·1,977	196,711
C_2H_6= 0,69·1,356	0,936	H_2O= 2, 116· 100·0, 804	171,146
C_3H_8= 0,22·2,020	0,444	N_2 = 8,48 ·100 ·1, 251	1 060,848
C_4H_{10}= 0,05·2,020	0,142	O_2 = 0,276·100·1,429	39,440
CO_2 = 0,05· 1,977	0,099	Невязка	-0,191
H_2O= 1,0·0,804	0,804		
Воздух			
O_2= 9,43· 21· 1,14·1,429	322,603		
N_2=198,03 · 1,14 · 3,762 · 1,251	1 062,458		
H_2O = 0,16 ·10 ·10,72 · 0,804	13,790		
Итого:	1 470,954	Итого:	1 470,954

Невязка баланса составляет: (100 · 0,191)/1470,954 = 0,013 %.

Определим теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до температуры 700°С при α= 1,14.

По i-t-диаграмме [5] находим теплоту нагрева атмосферного воздуха, $i_{возд}$ = 960 кДж/м^3.

Тогда

$i_{общ} = Q_н/V_\alpha + L_\alpha \cdot i_{возд} / V_\alpha$ = 35509,84/11,917 + 10,887·960/11,917= 3856,79 кДж/м^3.

По i-t-диаграмме, при α = 1,14 теоретическая температура горения $t_{теор}$ = 2120 °С, а калориметрическая температура горения $t_к$ = 2308 °С.

Определим калометрическую температуру горения с помощью таблиц энтальпий, для этого задаемся температурами t_1 = 2200 °С и t_2 = 2300 °С. Теплота продуктов горения для температур t_1 и t_2 определяется с помощью приложения.

При T_1 = 2200 °С:

CO_2 = 0,080 · 5387,0 = 430,96;

H_2O = 0,172 · 4402,2 = 757,18;

N_2 = 0,716 · 3289,3 = 2355,14;

O_2 = 0,032 · 3482,7 = 111,45;

i_1 = 3654,73 кДж/м^3.

При T_2 = 2300 °С:

CO_2 = 0,080 ·5658,7 = 452,70;

H_2O = 0,172 · 4643,8 = 798,73;

N_2 = 0,716 · 3452,6 = 2472,06;

O_2 = 0,032 · 3656,5 = 117,01;

i_2 = 3840,5 кДж/м^3.

Следовательно, 3840,5 > $i_{общ}$ < 3654,73.

3856,79 – 3654,73 = 200,54.

Δ t = 200,54· 100/186 = 108, следовательно, $t_к$ = 2200 + 108 = 2308 °С.

Определим действительную температуру горения при коэффициенте η = 0,8:

$$i_{дейст} = i_{общ} \cdot \eta = 3856{,}79 \cdot 0{,}8 = 3084{,}2 \text{ кДж/м}^3.$$

Действительная температура горения по i-t-диаграмме [9] при α = 1,14 с учетом диссоциации равна 1810 °С.

6.3 Расчет теплового баланса печи

Приход тепла

Химическое тепло от горения топлива определяется по формуле:

$$Q_{гор} = Q_н \cdot B, \quad (22)$$

где B – расход топлива, м^3/с.

$$Q_{гор} = 35509{,}84 \cdot B \text{ кВт}.$$

Физическое тепло воздуха определяем по формуле:

$$Q_{воз} = L_{\alpha} \cdot t_{воз} \cdot B, \quad (23)$$

где L_{α} – действительное количество воздуха, подаваемое для горения топлива, $м^3/м^3$; $t_{воз}$ – теплосодержание воздуха, $кДж/м^3$.

Считаем, что весь воздух, необходимый для горения поступает в печь из холодильника с температурой 700 °С.

По расчету горения топлива L_{α} = 10,887 $м^3/м^3$, $i_{возд}$ = 960 $кДж/м^3$, тогда

$$Q_{воз} = 10{,}887 \cdot 960 \cdot B = 10451{,}52 \cdot B \text{ кВт}.$$

Физическое тепло холодного природного газа не учитывается.

Расход тепла

Расход тепла на нагрев материалов определяем по формуле:

$$Q_{нагр} = P \cdot c_к t_к - Pc \cdot c_н\, t_н, \quad (24)$$

где P – производительность печи по сухому (обожженному) материалу, кг/с;

P_c – расход сухих шихтовых материалов, кг/с; $c_к t_к$ – энтальпия (теплосодержание) материала в конце нагрева до конечной температуры обжига, кДж/кг; $c_н t_н$ – теплосодержание материала в начале нагрева при начальной температуре $t_н$, кДж/кг.

$$P = 10140/3600 = 2{,}8 \text{ кг/с};$$

$\Delta m_{прк}$ = 26 %;

$$P_c = 100/(100 - \Delta m_{прк}) \cdot P \quad (25)$$

$$P_c = 100/(100–26) \cdot 2{,}5 = 3{,}7 \text{ кг/с};$$

$t_к$ = 1730 °С;

$c_к$ = 1,31 кДж/кг·град;

$t_н$ = 10 °С;

$c_н$ = 0,912.

$$Q_{нагр} = 2{,}8 \cdot 1730 \cdot 1{,}31 – 3{,}7 \cdot 10 \cdot 0{,}912 = 5634{,}8 \text{ кВт}.$$

Расход тепла на испарение физической влаги, содержащейся в материале, определяется по формуле:

$$Q_{исп} = (2500 - 4{,}2 \cdot t_н + i_{ух}/0{,}804) \cdot W_{вл}, \quad (26)$$

где $W_{вл}$ – количество влаги, испаряемой из материала, кг/с; 0,804 – удельная масса

водных паров, кг/м^3; 2500 – скрытая теплота парообразования, кДж/кг$_{влаги}$; $t_н$ – температура влажных материалов, поступающих в печь, °С; $i_{ух}$ – теплосодержание водяных паров при $i_{ух}$ = 600°С, кДж/м^3.

$$W_{вл} = (P \cdot \omega_а)/100 = P_с \cdot \omega/(100-\omega), \quad (27)$$

где ω – относительная влажность материалов, %; $\omega_а$ – абсолютная влажность материала, %.

$$W_{вл} = 3{,}8 \cdot 10/(100 - 10) = 0{,}38 \text{ кг/с}.$$

$$Q_{исп} = (2500 - 4{,}2 \cdot 10 + 968{,}9/0{,}804) \cdot 0{,}38 = 1392{,}0 \text{ кВт}.$$

Расход тепла на химические реакции определяется по формуле:

$$Q_{хим} = q_{хим} \cdot G_х, \quad (28)$$

где $q_{хим}$ – теплота, расходуемая на физико-химические процессы 1 кг исходного химического вещества в необожженном продукте, кДж/кг; $G_х$ – количество исходного химического вещества в материале, загружаемом в печь.

MgO = 50,64 %, CaO = 15,17 %

Теплота диссоциации: $MgCO_3$ – 1310 кДж/кг, $CaCO_3$ – 1780 кДж/кг.

$$Q_{хим} = 0{,}01 \cdot n \cdot P_с, \quad (29)$$

где n – процентное содержание исходного химического вещества в сухой массе материала; $P_с$ – количество сухого материала, поступающего в печь, кг/с.

$$Q_{хим} = 1310 \cdot 50{,}64 \cdot 0{,}01 \cdot 3{,}8 + 1780 \cdot 15{,}17 \cdot 0{,}01 \cdot 3{,}8 = 3173{,}6 \text{ кВт}.$$

Потери тепла с уходящими продуктами разложения:

$$Q_{дис} = 0{,}01 \cdot P_с \cdot (0{,}4 \cdot CaO + 0{,}553 \cdot MgO) \cdot iCO_2, \quad (30)$$

где MgO и CaO – содержание оксидов в обожженном продукте, %

iCO_2 – теплосодержание CO_2 при $i_{ух}$ = 600°С, iCO_2 = 814,4 кДж/м.

MgO = 75,0 %, CaO = 14,7 %.

$$Q_{дис} = 0{,}01 \cdot 3{,}8 \cdot (0{,}4 \cdot 14{,}7 + 0{,}553 \cdot 75) \cdot 814{,}4 = 1312{,}5 \text{ кВт}.$$

Потери тепла уносом, принимаем общий унос сухого материала 25 %, степень теплоты декорбанации безвозвратного уноса β = 0,3–0,6; принимаем β = 0,5.

Общий унос тепла определяется по формуле:

$$G_{ун} = P_с \frac{a_{ун}}{100}\left(1 - \frac{П.П.П.}{100} \cdot \beta\right), \quad (31)$$

где $\alpha_{ун}$ – количество уносимой из печи сырьевой пыли, (процент от расхода сухого сырья); β – степень полноты декорбанации безвозвратного уноса для вращающихся печей.

$$G_{ун}=3{,}8\cdot\frac{25}{100}(1-\frac{26}{100}\cdot 0{,}5)=1{,}7\text{ кг/с.}$$

Определим потери тепла с пылью, уносимой с продуктами горения в атмосферу:

$$Q_{ун}=G_{ун}\cdot C_{ун}\cdot t_{ух}, \quad (32)$$

где $G_{ун}$ – теплоемкость уносимой пыли, $C_{ун}$ =1,6 кДж/кг·град; $t_{ух}$ – температура уходящих газов, °С.

$$Q_{ун}=1{,}7\cdot 1{,}6\cdot 600=1632{,}0\text{ кВт.}$$

Расход тепла на декарбанацию и дегазацию уноса, выбрасываемого в атмосферу, определяется по формуле:

$$Q_{ун}^{д}=0{,}2\cdot G_{ун}(17{,}0\cdot MgO+29{,}64\cdot CaO), \quad (33)$$

где CaO и MgO – содержание оксидов в составе шихты, %; $G_{ун}$ – количество сухих и сырьевых материалов в безвозвратном уносе, кг/с.

$$Q_{ун}^{д}=1{,}7\cdot(29{,}64\cdot 14{,}7+17{,}0\cdot 75{,}0)=2908{,}204\text{ кВт.}$$

Продукты дегазации уноса, уходящие с дымовыми газами определим по формуле:

$$Q_{ух}^{ун}=0{,}1\cdot 0{,}5\cdot Q_{дис} \quad (34)$$

$$Q_{ух}^{ун}=0{,}1\cdot 0{,}5\cdot 1312{,}5=65{,}625\text{ кВт.}$$

Общие потери тепла с уносом составляют:

$$Q_{ух}^{об}=Q_{ун}+Q_{ух}^{д}+Q_{ух}^{ун} \quad (35)$$

$$Q_{ух}^{об}=1632+2908{,}204+65{,}625=4605{,}829\text{ кВт.}$$

Потери тепла с уходящими продуктами горения, объем продуктов горения:

$$V_{дым}=B\cdot V_{\alpha}, \quad (36)$$

где $V_{дым}$ − объем продуктов горения, уходящих из рабочего пространства печи с учетом подсосов окружающего воздуха, м^3/с.

$$V_{дым}=11{,}917\cdot B\text{ м}^3\text{/с.}$$

$$Q_{дым}=V_{дым}\cdot i_{дым}, \quad (37)$$

где $i_{дым} = c_{дым} \cdot t_{дым}$ – энтальпия продуктов горения при температуре уходящих газов, кДж/м^3.

$$Q_{дым} = 11{,}917 \cdot 3 \cdot 866{,}3 \cdot B = 10323{,}697 \cdot B \text{ кВт.}$$

Потери тепла в окружающую среду корпусом вращающихся печей зависят от толщины футеровки, вида огнеупоров, применяемых для футеровки, величины слоя тепловой изоляции и температуры в печи. В зоне высоких температур для футеровки применяем хромитопериклазовые изделия; в зонах более низких температур – шамотные изделия. Поэтому для подсчета общих тепловых потерь печь по длине разбивают на отдельные участки.

Рассмотрим расчет потерь тепла в окружающую среду для зоны низких температур − зоне подогрева. Средняя температура на рассматриваемом участке внутренней поверхности футеровки может быть определена по температурной кривой обжига [11].

Участок печи с t=800 °С (участок подогрева). Футеровка из шамотного кирпича, толщиной s=230 мм указана на рисунке 4.Температура окружающего воздуха $t_{воз}$= 15 °С. В данном, случае для печи отношение наружного диаметра к внутреннему меньше двух, т. е.

$$\frac{D_í}{D_â} = \frac{3{,}0}{2{,}9} = 1{,}03\,,$$

поэтому расчет можно вести как для плоской стенки.

Определим тепловое сопротивление слоя, задаваясь средними температурами $t_{ср}$=0,8·800=640 °С.

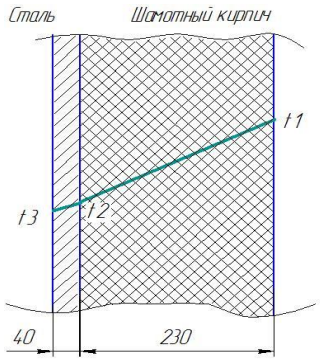


Рисунок 4 − Участок подогрева

Коэффициент теплопроводности для шамота, ρ=1,2 кг/м^3 λ_1 = 0,52 Вт/м·град, для стали λ_2 = 47 вт/м·град.

$$\frac{s_1}{\lambda_1} = \frac{0,23}{0,52} = 0,192\, м^2 \cdot град/Вт; \quad (38)$$

$$\frac{s_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{47} = 0,001\, м^2 \cdot град/Вт; \quad (39)$$

$$\sum \frac{s}{\lambda} = 0,192 + 0,001 = 0,193 м^2 \cdot град/Вт. \quad (40)$$

Для t = 800 °С и $\sum \frac{s}{\lambda} = 0,193 м^2 \cdot град/Вт$ находим температуру наружной поверхности корпуса t=159 °С, потери тепла $q_{окр}$=2,58 кВт/м^3.

Участок печи с t =1700 °С (участок обжига). Футеровка из хромитопериклазового кирпича толщиной 230мм указана на рисунке 5.Температура окружающего воздуха $t_{воз}$= 15 °С.

Определим тепловые сопротивления слоев, задаваясь средними температурами $t_{ср1}$=0,8·1700=1360 °С.

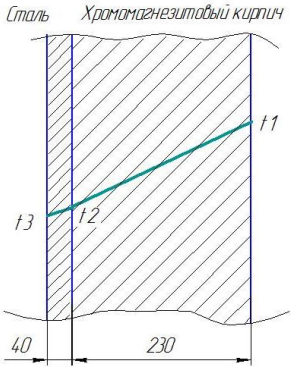


Рисунок 5 − Участок обжига

Коэффициент теплопроводности для хромомагнезита λ_1 = 2,8 Вт/м·град, для стали λ_2 = 47 Вт/м·град.

$$\frac{s_1}{\lambda_1} = \frac{0,23}{2,8} = 0,08\, м^2 \cdot град/Вт;$$

$$\frac{s_3}{\lambda_3} = \frac{0,04}{47} = 0,001\, м^2 \cdot град/Вт.$$

$$\sum \frac{s}{\lambda} = 0{,}08 + 0{,}001 = 0{,}081 м^2 \cdot град / Вт.$$

Для t = 1700 °С и $\sum \frac{s}{\lambda} = 0{,}274 м^2 \cdot град / Вт$ находим температуру наружной поверхности корпуса t=222 °С, потери тепла $q_{окр}$=5,0 кВт/м^3.

Теплоотдающая поверхность корпуса равна:

$$F=\pi \cdot 3{,}0 \cdot 90=847{,}8 \text{ м}^3,$$

тогда

$$Q_{кор} =(2{,}58+3{,}83)/2 \cdot 847{,}8= 2717 \text{кВт}. \quad (41)$$

Неучтенные потери тепла вследствие неполноты горения топлива, выбивания газов и излучения через отверстия в головке печи находим по формуле:

$$Q_{неуч} =0{,}5 \cdot Q_н \cdot B \quad (42)$$

$$Q_{неуч} =0{,}5 \cdot 35509{,}84 \cdot B=17754{,}92 \cdot B \text{ кВт}.$$

Составим уравнение теплового баланса и определим расход топлива

$$Q_{прих}= Q_{нагр}+ Q_{возд}=35509{,}84 \cdot B+10451{,}52 \cdot B=45961 \cdot B \text{ кВт}. \quad (43)$$

$$Q_{расх}= Q_{нагр}+ Q_{исп} + Q_{хим} + Q_{ун}^{общ} + Q_{дис} + Q_{дым}+ Q_{кор}+ Q_{неуч}=$$

$$=5634{,}8 + 1392{,}0 + 3173{,}6 + 1312{,}5 + 4605{,}829 + 10323{,}697 \cdot B+5326{,}476 +$$

$$17754{,}92 \cdot B=21445{,}205 + 28078{,}617 \cdot B \quad (44)$$

$$Q_{прих}= Q_{расх}$$

$$45961{,}36 \cdot B=21445{,}205+28078{,}617 \cdot B$$

$$B=1{,}199 \text{ нм}^3/\text{сек}.$$

Составляем материальный баланс.

Таблица 21 − Материальный баланс

Наименование статей	Количество теплоты	
	кВт	%
Приход тепла		
1 Тепло сгорания топлива $Q_{нагр}$	42 576,298	77,26
2 Физическое тепло воздуха $Q_{возд}$	12 531,372	22,74
Всего	55 107,67	100,0

Продолжение таблицы 21

Наименование статей	Количество теплоты	
	кВт	%
Расход тепла		
1 Нагрев материала $Q_{нагр}$	5 634,8	10,19
2 Испарение и перегрев влаги $Q_{исп}$	1 392,0	5,52
3 Теплота химических реакций $Q_{хим}$	3 173,6	5,74
4 Потери с уходящими продуктами разложения $Q_{дис}$	1 312,0	2,37
5 Потери тепла с уносом $Q_{ун}^{общ}$	4 605,829	8,33
6 Потери тепла с уходящими продуктами горения	12 378,112	22,40
$Q_{дым}$	5 326,476	9,64
7 Потери тепла в окружающую среду $Q_{окр}$	21 441,4	38,81
8 Неучтенные потери $Q_{неуч}$	+15,705	
9 Невязка		
Всего	55 107,67	100,0

Невязка: 15,705·100/55107,67 = 0,03 %

Удельный расход топлива определим по формуле:

$$B = B\cdot Q_н/29300\cdot P, \quad (45)$$

где 29300 – теплота сгорания топлива, кДж/м^3; P – секундная производительность печи, кг/с.

$$B = 1{,}199 \cdot 35509{,}84/29300 \cdot 2{,}5 = 0{,}581 \text{ кг. усл. топлива или } 58\ \%.$$

$$КПД = (5634{,}8+1392+3173{,}6)\cdot 100\%/55107{,}67=19\ \%.$$

Таким образом, для получения ожелезненного флюса в количестве 80000 тонн в год необходим природный газ из групп северных месторождений Западной Сибири с составом: CH_4 – 98,16 %, C_2H_6 – 0,7 %, C_3H_8 – 0,22 %, C_4H_8–0,05 %, N_2– 0,82 %, CO – 0,05 %.

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

7.1 Автоматизация вращающейся печи

Вращающаяся печь является сложным объектом автоматизации, но в то же время важным, поскольку правильный режим обеспечивает однородность и высокое качество обожженного магнезита, удлинение срока службы футеровки, увеличение коэффициента использования печи, а также снижение удельного расхода топлива. Назначение системы автоматического регулирования состоит в обеспечении стабилизации качества обжига, снижении расхода топлива и ручного труда [15].

На стабильность технологического процесса обжига оказывают влияние следующие факторы:

– колебания подачи сырья в печь;

– неравномерность скорости движения материала в печи из-за изменения гранулометрического состава сырья;

– колебания температуры в зоне подогрева из-за изменения физико-химических свойств сырья;

– колебания температуры в зоне обжига;

– колебания давления газа, поступающего на горение.

Процесс горения топлива зависит от количества, подаваемого в печь воздуха. Обычно во вращающейся печи воздух подается от вентилятора высокого давления и через холодильник за счет разряжения в печи.

Поддержание определенного соотношения между количеством подаваемого воздуха и топлива, необходимого для горения, является непременным условием получения максимальной температуры факела, а, следовательно, и повышается экономичность процесса горения. Если количество воздуха подается больше, чем необходимо для горения, то температура факела становится, ниже и происходит пережог топлива. При подаче меньшего количества воздуха температура факела уменьшается и происходит неполное сгорание топлива. В обоих случаях из-за нарушения указанного соотношения, для получения оптимальной температуры го-

рения необходимо осуществлять управление технологическим процессом. Необходимое соотношение воздуха и природного газа устанавливается с помощью задатчика этих регуляторов расхода. Сигналы передаются на преобразующие измерительные приборы, на исполнительные механизмы, которые управляются регулирующими дросселями. Расход первичного воздуха и газа измеряется сужающимися устройствами, и измеряются измерительными приборами.

Автоматическая система регулирования подачи воздуха полностью обеспечивает экономичное горение топлива.

При контроле теоретического коэффициента избытка необходим дополнительный контроль фактического коэффициента избытка воздуха по составу отходящих дымовых газов, по анализу на содержание кислорода [6].

Не менее важным параметром при обжиге магнезита является температура. Одно из основных условий нормального обжига материала – это поддержание установленных температур в зоне обжига.

Температура – это наиболее важный контролируемый параметр для печей. Если температура будет выше установленной, то магнезит будет пережженным. Если температура будет ниже установленной, то магнезит будет содержать недожег. Температура в печи изменяется по ряду причин, которые контролируются приборами. При управлении температурным режимом обжига, должно достигаться изменение температуры по ходу обжига [6].

Для обеспечения более полного контроля режима работы печи, а также для получения возможности исследования печи, как объекта автоматического регулирования, оказалось необходимым усовершенствовать существующую систему с помощью разработки и введения в эксплуатацию дополнительных узлов автоматического регулирования и контроля. Структурная схема температурной зависимости процесса обжига во вращающейся печи показана на рисунке 6.

Измерение температуры во вращающихся печах связано с затруднениями как установки измерительных элементов (термопар), так как они должны вращаться вместе с барабаном печи и обжигаемый материал, продвигаясь по печи, соприкасается с измерительным элементом, так и передачи, показаний от термо-

пары к вторичному прибору, расположенному на щите управления работой печи.

Измерение температуры радиационными пирометрами, связано со значительными и непостоянными по величине погрешностями из-за большой запыленности воздуха и продуктов сгорания в печи, через слой которых происходит измерение температуры.

Измерение температуры порядка 500–600 °С в зоне подогрева, осуществляется хромель-алюмелевыми термопарами, установленными в барабан вращающейся части печи. Рабочий конец термопары выступает в рабочее пространство печи, соприкасается с обжигаемым материалом, когда термопара внизу, и омываемая продуктами сгорания, когда термопара наверху. Поэтому показания этой термопары имеют среднее значение. Сравнительно низкие температуры и еще небольшая твердость обжигаемого материала в этой зоне создают условия, при которых термопара здесь служит практически неограниченно длительное время.

Для эффективного ведения технологического режима обжига необходимо измерить температуру в зоне обжига, которой в основном определяется качество сырья. Температура в зоне обжига достигает 1500 °С. Для защиты термопары, выходящей в пространство печи, от истирания в футеровке печи выполнены специальные «карманы». На конец термопары, находящейся в «кармане», перемещение материала вдоль печи, изнашивающее термопару, не оказывает воздействия. При вращении барабана печи в «карман» засыпается обжигаемый материал, и термопара нагревается до температуры материала.

Подача показаний от термопары к вторичному прибору осуществляется при помощи специальных троллей и токосъемников. Измерение температуры в зоне обжига осуществляется платинородной и специальными термопарами, армированными в фарфоровые и алуидовые защитные чехлы.

Главной задачей, которую должна решать комплексная система автоматического регулирования является автоматическое поддержание заданного качества продукции при максимальной производительности установки и при экономичном режиме производства. Для решения этой задачи необходим непрерывный автоматический контроль качества сырья и готовой продукции, температуры в зоне об-

жига и других [6].

В схеме автоматизации предусмотрена звуковая сигнализация при нарушении давления воздуха в воздухопроводе перед горелками, остановке дымососа и отключении электроэнергии. Во всех случаях происходит отсечка газа предохранительными клапанами. Функциональная схема зависимости расхода топлива - воздух во вращающейся печи, показана на рисунке 7.

Показания вторичных приборов тепловых и технологических параметров работы печи объединены в три основные группы и вынесены на три специальных щита:

– щит управления обжигальщика;

– щит машиниста котла-утилизатора;

– щит оператора преобразовательной подстанции отделения «Газоочистка».

На щит обжигальщика вращающемся печи вынесены следующие приборы;

– автоматический самопишущий потенциометр ПСР-1-52 для контроля температуры в пылевой камере;

– автоматический самопишущий потенциометр ПСР-1-0,1 для контроля температуры отходящих газов в газоходе;

– автоматический самопишущий прибор с дифференциально-трансформаторной схемой ДСР-1-14 для контроля разряжения в газоходе;

– автоматический самопишущий прибор с дифференциально-трансформаторной схемой АСД-2564 для контроля расхода газа, подаваемого в печь:

– автоматический прибор с дифференциально-трансформаторной схемой ОБМ-160 для контроля давления газа, поступающего на горение;

– вторичный прибор ВФС-М2Г-РР для контроля за загрузкой материала во вращающуюся печь с помощью ДН-959-63;

– задатчик дистанционный пультовый сдвоенный 2ДЗН-24-У-4 для увеличения или снижения загрузки магнезита во вращающуюся печь;

– вторичный прибор ВФС-4 для контроля производительности вращающейся печи.

Кроме этого имеются следующие приборы для контроля печи:

– пружинный манометр ОБ14-1 -100 для контроля за давлением газа, мазута в магистрали;

– сигнализатор падения давления газа, мазута СПДН-300.

Для повышения производительности и улучшения условий труда и качества продукции устанавливаю в компьютерную систему, где все данные работы печи выводятся на экран. С помощью этого можно более точно регулировать режим работы печи [6].

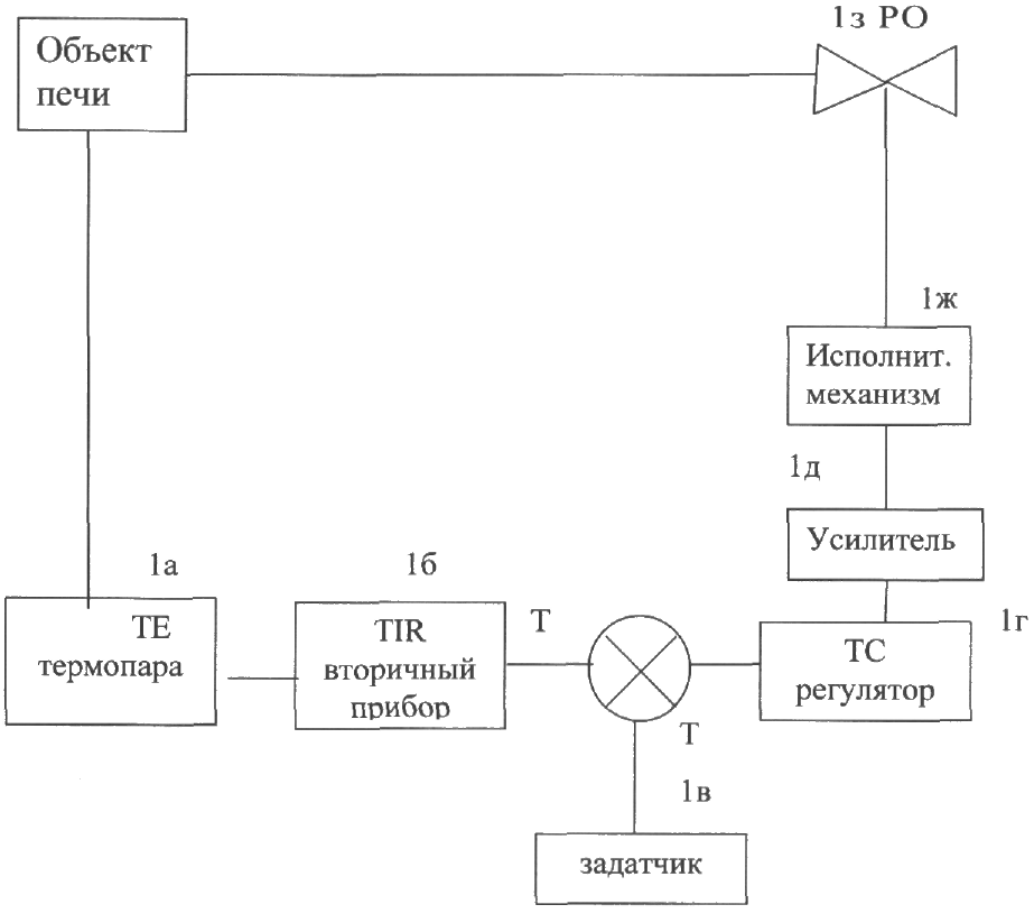


Рисунок 6 – Структурная схема температурной зависимости процесса обжига во вращающейся печи: 1а– термопара (хромель- алюминий); 1б– вторичный прибор (КСП - 3); 1в – задатчик; 1г – регулятор; 1д – усилитель; 1ж – исполнительный механизм; 1з – регистрирующий орган.

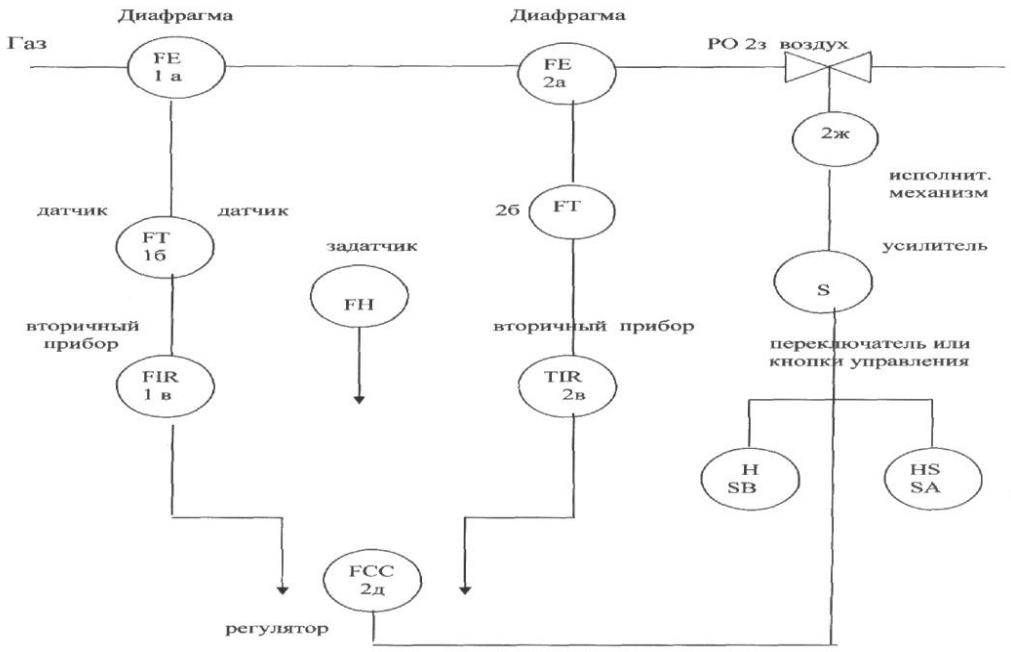


Рисунок 7 – Функциональная схема зависимости расхода топлива - воздух во вращающейся печи: 1 а, 2а – диафрагма; 1б, 2б – датчик; 1в, 2в – вторичный прибор; 2г – задатчик; 2д – регулятор; 2е – усилитель; 2ж – исполнительный механизм; 2з – регистрирующий орган

Термоэлектрический метод измерения температур основан на строгой зависимости термоэлектродвижущей силы (термо-э.д.с.) термоэлектрического термометра от температуры [6].

Термоэлектрическим термометром называют термопару, снабженную защитной арматурой.

Термоэлектрические термометры широко применяются для измерения температур до 2500 °С в различных областях техники и в научных исследованиях, К числу достоинств термоэлектрических термометров следует отнести достаточно высокую степень точности, возможность централизации контроля температуры путем присоединения нескольких термоэлектрических термометров через переключатель к одному измерительному прибору, возможность автоматической записи измеряемой температуры с помощью самопишущего прибора, возможность раздельной градуировки измерительного прибора и термоэлектрического

термометра. Замкнутая электрическая цепь, состоящая из двух разнородных проводников – термоэлектродов образует термопару. Спай, погружаемый в измеряемую среду, называется рабочим или горячим спаем термопары; второй спай носит название свободного или холодного. Термоэлектрические термометры подразделяют на две группы:

– термоэлектрические термометры с металлическими термоэлектродами из благородных и неблагородных металлов;

– термоэлектрические термометры с термоэлектродами из тугоплавких соединений или их комбинаций с графитом и другими материалами.

Термоэлектрические термометры первой группы являются наиболее распространенными, они широко вошли в практику технологического контроля и научно-исследовательских работ. Они широко применяются для измерения температур в области от 300 до 1800 °С. В моем производстве спеченного порошка из сырого магнезита измерение температуры порядка 500 – 600 °С в зоне подогрева, осуществляется хромель-алюмелевыми термопарами, установленными в барабан вращающейся части печи. Положительным термоэлектродом является хромелевая проволока, отрицательным служит алюмель, представляющий собой магнитный сплав на никелевой основе.

Термоэлектрические термометры ТХА обладают лучшей сопротивляемостью окислению, чем другие термометры из неблагородных металлов, при работе в воздушной среде. Алюмелевый электрод при температуре близкой к 1000 °С, менее устойчив к окислению, чем хромелевый. Верхние температурные пределы применения хромелевой и алюмелевой термоэлектродной проволоки устанавливаются в зависимости от ее диаметра при работе в воздушной среде.

В качестве измерительных приборов для измерения термо-э.д.с. термопар применяют милливольтметры, лабораторные переносные и автоматические потенциометры.

7.2 Автоматический потенциометр с дисковой диаграммой КСП-3

Автоматические потенциометры широко применяются в различных отраслях промышленности для измерения и записи температуры в комплекте с термоэлектрическими термометрами а также с телескопами (первичными преобразователями) пирометров полного излучения. Они одновременно могут быть использованы для измерения, записи и сигнализации или регулирования температуры.

Автоматические потенциометры являются техническими общепромышленными приборами высокого класса точности. Они бывают показывающие, показывающие и самопишущие с записью на дисковой и ленточной диаграмме.

Автоматические потенциометры предназначены для измерения температуры и других величин, изменение которых может быть преобразовано в изменение напряжения постоянного тока, и по конструктивному оформлению подразделяются на следующие группы [6]:

– показывающие;

– показывающие и самопишущие с ленточной диаграммой;

– показывающие и самопишущие с дисковой диаграммой (КСП-3).

Потенциометры типа КСП-3 являются одноточечными приборами с дисковой диаграммой (длина отсчета дуги 95 мм). Пределы допускаемой основной погрешности показания прибора ±0,5 %, а записи ±1 % нормирующего значения измеряемой величины. Эти потенциометры выпускаются с временем прохождения указателем всей шкалы 5 и 16с. Потенциометр снабжен тумблером для контроля исправности прибора.

Автоматические потенциометры предназначены для измерения температуры и других величин, изменение которых может быть преобразовано в изменение напряжения постоянного тока, и по конструктивному оформлению подразделяются на следующие группы:

– показывающие;

– показывающие и самопишущие с ленточной диаграммой;

– показывающие и самопишущие с дисковой диаграммой (КСП-3),

принципиальная схема которого показана на рисунке 8 [6].

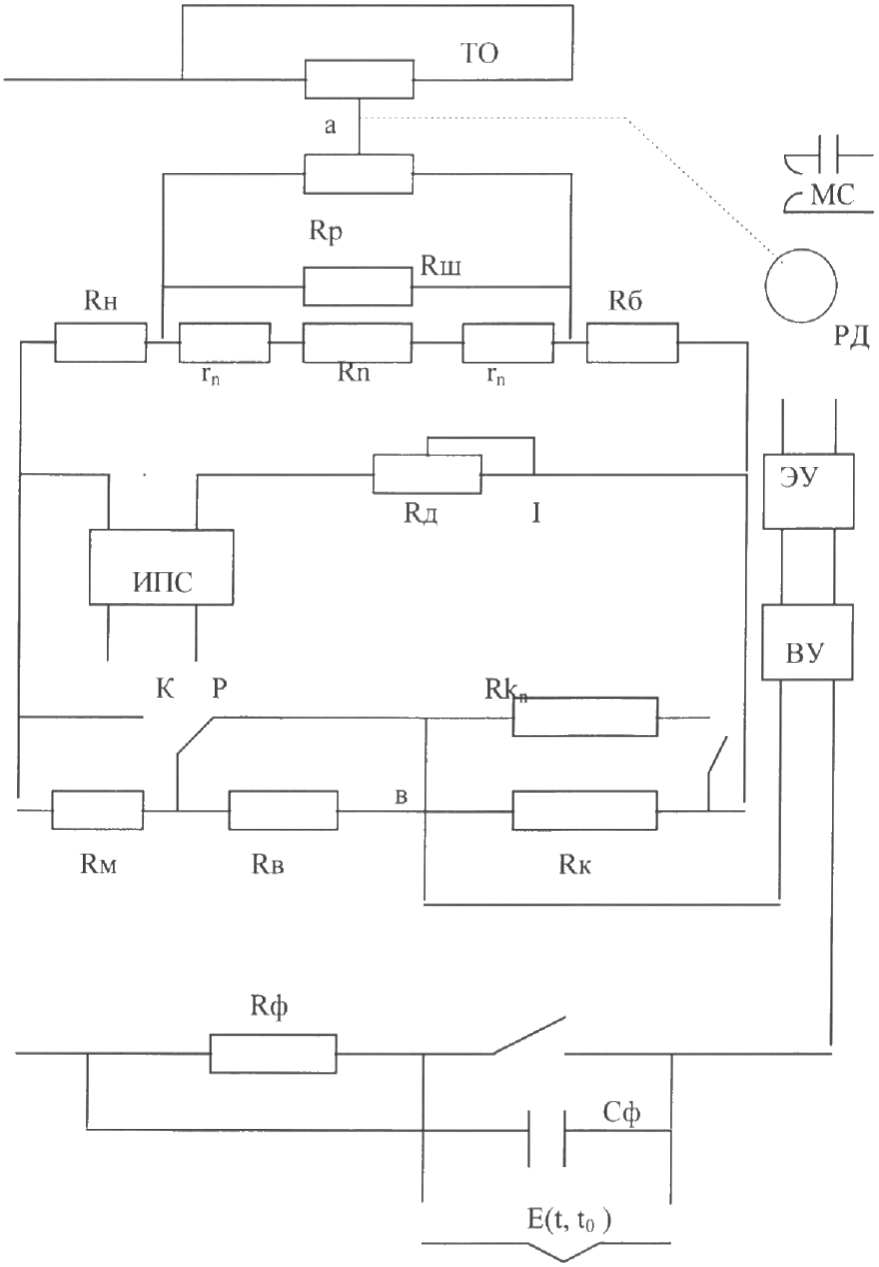


Рисунок 8 – Принципиальная схема автоматического потенциометра КСП- 3

Потенциометры типа КСП-3 являются одноточечными приборами с дисковой диаграммой (длина отсчета дуги 95 мм). Пределы допускаемой основной погрешности показания прибора ±0,5 %, а записи ±1 % нормирующего значения измеряемой величины. Эти потенциометры выпускаются с временем прохождения указателем всей шкалы 5 и 16 с. Потенциометр снабжен тумблером для контроля исправности прибора.

7.3 Объекты регулирования с сосредоточенными параметрами

Объект является основным элементом в любой системе автоматического регулирования и управления. Для создания и расчета системы, обеспечивающей нужное качество регулирования, обязательно нужно иметь математическое описание объекта в виде уравнений, передаточных функций и пр. [2].

Большинство металлургических агрегатов являются нестационарными объектами, что выражается изменением во времени параметров, определяющих их статические и динамические характеристики.

Рассмотрим характеристики таких объектов, имеющих одну входную величину − положение регулирующего органа У и одну выходную величину регулируемую величину Х. Объекты, которые могут быть представлены апериодическим звеном 1-го порядка или цепочкой последовательно-соединенных апериодических звеньев, называют статическими объектами. В этих объектах выходная величина после появления возмущающего воздействия сама, без регулирования, через некоторое время приходит к новому положению равновесия.

Примерами металлургических статических объектов регулирования разного порядка могут служить: промежуточный ковш МНЛЗ (первого порядка); плавильные и нагревательные печи как объект регулирования давления (1-го или 2-го порядка); эти же печи как объекты регулирования температуры (2-го, 3-го и более высокого порядка) [15].

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Негативные факторы и методы защиты от их воздействия

Внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов позволило не только обеспечить рост производительности труда, но и решить ряд важных социальных задач, связанных с повышением уровня безопасности вследствие ликвидации опасных и вредных производственных факторов. Определенному технологическому уровню соответствует и определенный уровень безопасности [9].

Безопасность процесса производства – это такие условия труда, при которых исключается влияние опасных производственных факторов на работающих.

При производстве порошка высокомагнезиального флюса в результате проведения технологического процесса на работающих могут воздействовать опасные и вредные физические производственные факторы, к которым можно отнести [16]:

1) Движущиеся машины (ленточные и винтовые конвейеры и т. д.) и механизмы, перечень которых велик (ременные передачи, валы, барабаны и т.д.) опасны тем, что могут затянуть придавить человека и нанести увечья.

2) Повышенный уровень шума и вибрации. Шум считается удовлетворяющим нормативным требованиям (ГОСТ 12.1.003-89), если уровень измеряемого звукового давления не будет выше 80 дБА. Естественно, что для работ, отличающихся по характеру и напряженности труда.

3) Недостаточная освещенность рабочей зоны. Большое значение имеет рациональное освещение производственных территорий. С увеличением освещенности до санитарных норм усиливается острота зрения, точность работы. При правильном освещении обличается труд рабочего, снижается опасность травматизма. Гигиена труда требует максимального использования естественного освещения, так как дневной свет лучше воспринимается органами зрения.

4) Повышенная или пониженная температура воздуха производственных

помещений. Метрологические условия производственной среды определяются температурой воздуха, его влажностью, скоростью движения, а также степенью излучения от нагретых поверхностей технологического оборудования. Эти условия сильно влияют на процессы в организме человека. При высокой температуре внешней среды не редко наступает тепловой удар, большая влажность воздуха также усиливает перегрев организма человека. При больших скоростях воздушных потоков создаются сквозняки, неблагоприятно действующие на живой организм.

Проектируемое производство относится к категории работ средней тяжести, оптимальные нормы воздуха в рабочей зоне производственных помещений согласно ГОСТ 12.1005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» в холодный и переходный период года, при среднесуточной температуре ниже +10 °С – 17 – 19 °С; а в теплый (среднесуточная температура выше +10 °С) – 20 – 21 °С.

5) Повышенная запыленность и загазованность. Основным видом вредности при получении порошков является пыль исходных материалов, промежуточных продуктов и готовых порошков. Содержание вредных веществ в воздухе не должно превышать предельно-допустимых концентраций (ПДК). Для сырого магнезита, порошка магнезитового каустического – 10 мг/м^3, которые относятся по степени воздействия на организм человека к четвертому классу опасности (вещества малоопасные).

Пыль можно отнести не только к физически опасным и вредным факторам, но и к раздражающим химическим производственных факторам, так как попадает в организм через дыхательные пути. Основное заболевание, вызванное содержанием в пыли веществ: соли магния, оксидом кремния – силикоз.

6) электрический ток также выступает опасный и вредный производственный фактор. Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи. Сила тока, проходящая через тело человека, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи, напряжение цепи, схемы самой

сети, степени изоляции токоведущих частей от земли и сопротивления. Наиболее типичными являются два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек прикасается одновременно к двум проводам, и когда он прикасается к одному из проводов, при наличии электрической связи между сетью и землей[18].

Применительно к сетям переменного тока первую схему называют двухфазным прикосновением, вторую – однофазным. Существенное значение имеет также соприкосновение с токоведущими частями. На теле человека имеются точки уязвления, получившие название электро-рецепторов. В случае проникновения электрода к наиболее уязвимой точке болевое ощущение резко возрастает, иногда им сопутствует головная боль и мерцание перед глазами, возможен смертельный исход.

Согласно ГОСТ 12.4.011-75 «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация», средства защиты работающих по характеру применения подразделяют на две категории: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты.

Оградительные средства являются мерой защиты от воздействия механических факторов, высоких и низких температур, шума, вибрации, поражения электрическим током. Они должны исключить возможность несчастных случаев при обслуживании машин, агрегатов, механизмов и при осуществлении технологических операций.

Ограждению подлежат все движущиеся и вращающиеся части механизмов, ременные и другие гибкие передачи, токоведущие части оборудования, к которым во время эксплуатации может прикоснуться человек, открытые проемы, люки, лестницы. Оградительные средства должны быть простыми, удобными и надежными, иметь гладкие поверхности без острых выступающих частей. Их конструкция должна обеспечивать возможность снятия при осмотре и ремонте, а также быструю установку на место.

Очень важным являются мероприятия по защите от воздействия шума и вибраций. Наиболее эффективным способом защиты является звукоизоляция ра-

бочих мест. В качестве звукоизолирующего материала используют толстую, плотную каменную стену, являющуюся лучшим изолятором звука. Так кирпичная стена толщиной 120 мм обеспечивает снижение звука на высоких частотах более чем на 60 дБА [18].

Описанные выше мероприятия для защиты достаточно эффективны, но особо следует подчеркнуть важность контроля, правильной эксплуатации и своевременного ремонта машин и оборудования. Для обеспечения нормальной круглосуточной работы во всех производственных помещениях используют естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые приемы (боковое) и световые фонари (верхнее) в крыше зданий. Искусственное освещение осуществляется путем применения различного рода светильников. Оно подразделяется на общее и местное [18].

Искусственное освещение будем осуществлять дуговыми ртутными лампами ДРЛ-200.

Для поддержания необходимых температур воздуха рабочей зоны используют отопительные системы. В качестве дополнительных средств можно использовать обогреватели. Но в проектируемом производстве есть места с повышенной температурой воздуха – рабочее место обжигальщика, комфортность, которых необходимо разрабатывать. Обычно в этих условиях устанавливают пост управления с теплозащитой стен (как правило, тоже толстые кирпичные стены), но с двойными стеклами на оконных проемах и с кондиционированием воздуха – установкой кондиционера за звукоизолирующей перегородкой.

К коллективным мерам защиты от поражения электрическим током относятся: защитное заземление корпусов электрооборудования, автоматическое защитное отключение.

Защитное заземление выполняется при помощи специально сооружаемых искусственных и естественных заземлителей. Заземлитель – это проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соединении с землей. Естественные заземлители бывают в виде подземных свинцовых оболочек кабелей,

металлических конструкций зданий, сооружений, надежно соединенных с землей, а также различных трубопроводов, проложенных в земле. Обычно производится обработка почвы с целью снижения ее сопротивления. Материалами для обработки служат поваренная соль, предварительно растворенная в воде; шлак, смоченный водой; раствор глины.

Путем быстрого отключения поврежденной установки от сети может быть ликвидирована опасность поражения током. Защитное отключение – это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Оно является более надежным способом защиты конструктивных частей электрооборудования при помощи автоматических выключателей или контактов, снабженных специальным реле освещения [16].

Предупреждение пожаров также является важным мероприятием, а именно, пожарная профилактика, направленная на установление строго соблюдения работниками требований правил, норм и инструкций по технике безопасности, тщательную подготовку мест проведения огневых работ и организацию контроля за их проведением.

При проведении ремонтных работ на технологических агрегатах с оборудования необходимо удалять смазочные и другие горючие жидкости и материалы, Перед началом ремонтных работ необходим противопожарный инструктаж всех рабочих, непосредственно участвующих в ремонте. Обязательно обеспечение мест средствами пожарной безопасности: огнетушители пенные ОП-5, воздушно-пенные – ОВП-5 и ОВП-10, углекислотные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, углекислотнобромэтиловые ОУБ-3 и ОУБ-7; из возимых на тележках применяют одно- и двухбалонные углекислотные огнетушители УП-1М и УП-2М. Очень важным средством является сигнализация – непременная принадлежность всех защитных устройств. Она может быть предупредительной, аварийной и контрольной. Все устройства должны быть в местах видимости и слышимости обслуживающего персонала.

Немаловажное значение имеют сигнальные цвета и знаки безопасности, которые привлекают внимание трудящихся. Сигнальные цвета и знаки безопасности регламентируются ГОСТ 12.4.026-75 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности». Установлены следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления контраста сигнальные цвета следует применять на определенном фоне. Поэтому, их располагают так, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимание работающих и сами по себе не представляли опасности.

Еще одной мерой защиты от воздействия вредных производственных факторов, а именно пыли, является вентиляция, которая подразделяется на естественную (аэрация) и механическую (искусственная).

Естественную вентиляцию осуществляют за счет разности температур воздуха снаружи и внутри помещения или под действием ветра. Аэрация обладает высокой эффективностью, обеспечивая высокую кратность воздухообмена независимо от объема помещения, чего практически невозможно достичь путем применения искусственной вентиляции [16].

Аэрацию осуществляют таким образом, чтобы воздухообмен охватывал все участки рабочей зоны. С этой целью вытяжные фонари устанавливают в самой верхней части, а отверстия для протока воздуха – в нижней части стен здания. Нагретый от оборудования воздух поднимается верх и удаляется через вытяжные отверстия фонарей. Приточные и вытяжные отверстия выполняют свободными, чтобы обеспечить беспрепятственное поступления и вытяжку воздуха из помещения. Основное назначение вентиляции – поддержание концентрации вредных производственных факторов в рабочей зоне на уровнях, не превышающих предельно допустимые.

Средства индивидуальной защиты предназначаются для предохранения рабочих от воздействия опасных и вредных производственных факторов: электрического тока, газами и пылью воздуха, подающих предметов и т. д.

К средствам индивидуальной защиты относятся: спецодежда, спецобувь, средства защиты рук, органов дыхания, глаз и головы. Средства индивидуальной

защиты должны отвечать физиолого-гигиеническим и эксплуатационным требованиям: быть безвредными, удобными и надежными в работе, обеспечивать хорошую влаго- и воздухопроницаемость; легко очищаться от загрязнений; сохранять свои защитные свойства после чистки.

Для предупреждения попадания вредных веществ в организм человека необходимо пользоваться средствами защиты органов дыхания. В рабочих помещения при загрязнении воздуха вредными веществами применяют различного рода респираторы: «Лепесток», «Астра-2», «У-2» и в особых случаях противогазы: РМП-62, ПШ-1 и т.д. Для защиты органов зрения от механических травм, термических ожогов и повреждений лучистой энергией рабочие пользуются предохранительными очками или предохранительными щитками. Очки используются открытого и закрытого типа. Для индивидуальной защиты работающих от резкого или продолжительного воздействия шума можно применять противошумы: наушники, шлемы, заглушки, обеспечивающие ослабление шума до уровня не превышающего допустимый. Различаются три типа антифонов: наушники, закрывающие всю ушную раковину; вкладыши, перекрывающие наружный слуховой канал, и шлемы, закрывающие часть головы и ушную раковину. Средства индивидуальной защиты органов слуха подбирают согласно ГОСТ 12.4.051-78 «Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические условия». На работах, связанных с опасностью повреждения головы, в качестве защитного средства применяют различные каски из пластмассы, полиэтилена и дюралюминия. К средствам защиты головы относятся также косынки, колпаки, шапочки. Наиболее распространенными средствами защиты рук являются: рукавицы и перчатки. Выбор используемых тканей для защиты осуществляется согласно ГОСТ, в соответствии с выполненной работой и видом производства.

8.2 Охрана окружающей среды

Основное направление, обеспечивающее охрану природы является создание малоотходных и безотходных производств путем разработки новых процессов

получения огнеупорных материалов без образования отходов; создания бессточных технологических производств на основе очистки сточных вод; разработки и внедрения системы переработки отходов производства, которые могут рассматриваться как вторичные огнеупорные ресурсы. В огнеупорной промышленности перерабатывают разнообразные сырьевые материалы, часть которых в процессе производства неизбежно попадает в окружающую среду. Кроме того, предприятие загрязняют окружающую среду пылью, отходящими газами, содержащими CO_2, CO, CH_4 и т. д., а также сточными водами, в которых находятся взвешенные частицы твердого вещества, отработанное масло и т. д. Концентрации указанных веществ как в воздухе, так и в сточных водах не должны превышать предельно допустимой нормы [14].

Каждое огнеупорное предприятие должно иметь раздельные системы водоснабжения по «чистому» и «грязному» циклам. «Чистые» оборотные циклы служат для потребителей, использующих воду на охлаждение оборудования, в процессе которого вода не загрязняется. «Чистый» оборотный цикл работает по схеме:

нагретая вода → охлаждение на градирне → потребитель.

В «грязные» оборотные циклы поступают стока после уборки помещений и промывки технологического оборудования. Схема очистки «грязного» цикла такова:

емкость → накопитель стоков → коагулирующие смесители → отстойник (очистка от шлама) → фильтры (очистка от масел) →песчаные фильтры → сборный резервуар → потребитель.

Для удаления из вод взвешенных веществ применяют механические методы: отстаивание, фильтрование, осадки и др. Мелкодисперсные и коллоидные примеси удаляют с помощью коагулянтов и флокулянтов. Удаление трудноосаждаемых частиц производят с помощью фильтров с сетчатыми элементами или зернистым слоем. В качестве фильтрующего материала в последних применяют кварцевый песок, дробленый гравий и т. д. Для удаления мелких твердых частиц

используют также процесс флотации. Образующие осадки уплотняют, обезвоживают и отправляют на переработку. Обезвоживание проводят с помощью вакуум-фильтров, которые снижают влажность осадка с 86 – 88 до 59 – 58%.

Описанные циклы – это идеальный вариант, по которому должно работать предприятие, позволяющий не только экономить водные ресурсы, но и вести правильную очистку сточных вод оборотного водоснабжения [8].

При производстве порошка в окружающую среду попадает высокодисперсная пыль. Отходящие газы из печей являются запыленными из-за уноса обжигаемого материала, поэтому для снижения запыленности воздуха не достаточно герметизации всех технологических аппаратов и узлов пересыпки огнеупорных материалов, для этого применяют очистку отходящих газов.

В качестве предварительной очистки дымовых газов будем использовать групповой циклон. Выбор циклона в качестве первой ступени очистки достаточно эффективен. Так, например, в случае отключений электрофильтров по каким-либо причинам, не допустим значительный выброс газов в атмосферу, поскольку предвключенная ступень обычно обеспечивает эффективность пылеулавливание до 80% [8].

Не уловленная циклоном тонкодисперсная пыль может быть уловлена электрофильтрами. Установка только электрофильтров, исключая использование циклона, даже при достижении относительно высокой эффективности не всегда обеспечивает санитарные нормы очистки дымовых газов, в то время как при установке предварительной ступени очистки, хотя бы общая степень очистки повышается всего на несколько процентов, обеспечиваются допустимые нормы остаточной концентрации уноса в очищенном газе.

8.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций

В технологических процессах всегда есть вероятность существования пожаровзрывоопасной среды, например образование взрывоопасных смесей при утечке природного газа в атмосферу, вынос в производственные помещения

мелкодисперсной пыли в результате неправильной работы технологических агрегатов. Анализируя существующие методы предотвращения аварий, легко увидеть, что вся современная техника взрывопожаробезопасности основывается на трех основных принципах предотвращения воспламенения и взрыва [16].

Первый важнейший принцип, позволяющий полностью разрешить проблемы, состоит в исключении возможности образования взрывоопасной среды. Он охватывает такие методы, как предотвращение утечек горючего газа и его движения в направлениях, не предусмотренных технологическим процессом и т. д.

Однако в ряде случаев нельзя гарантировать реализацию первого принципа, например, при невозможности полностью исключить утечку газа. Тогда для обеспечения взрывоопасности принимают меры к исключению возможности возникновения источников воспламенения взрывоопасной среды, предотвращения возникновения импульсов, способных инициировать горение, то есть поджечь существующую заведомо взрывоопасную среду (второй принцип). В тех случаях, когда нельзя считать безусловно невозможным образование взрывоопасной среды и появление импульса, способного ее поджечь, взрывоопасность технологических процессов обеспечивается использованием такого оборудования, при котором очаг горения в случае его воспламенения будет локализован в пределах агрегатов или газопроводов, способных выдержать последствия сгорания внутри них (третий принцип).

Существует много способов и приемов обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов и оборудования, однако все они сводятся к реализации какого-то одного ил нескольких главных принципов взрывобезопасности. Важнейшим элементом профилактической работы по планам ликвидации аварии является обучение персонала. Формы обучения специфичны ввиду специальных занятий и аварийных тревог. Порядок их проведения и график (очередности) утверждает главный инженер.

Цеховые планы в ликвидации аварии и мероприятий по защите производственного персонала предприятия и гражданского населения, прилегающих рай-

онов, со всеми приложениями должны находиться у главного инженера, диспетчера предприятия, начальника пожарной части, начальника газоспасательной службы и начальника цеха.

При возникновении чрезвычайных ситуаций на объекте, персонал, специализированный на тушении пожара и ликвидации аварий, должен быть готовым к быстрым и эффективным действиям по пересечению распространения пожара или аварии, их ликвидации и к оказанию помощи людям, оказавшимся в зоне аварий. Персонал должен действовать в соответствии с типовым или индивидуальным планом ликвидации аварии [18].

9 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

9.1 Организационный план

Этот раздел включает организационную структуру управления предприятием; административно-управленческий персонал; рабочую силу, которая не связана с управлением; кадровую политику цеха; формы и системы ; труда.

Организационная структура управления определяет состав подразделений аппарата управления, их взаимозависимости и взаимосвязи. Группа руководителей и специалистов, на которую возложены ответственность за осуществление процесса выработки и реализации управленческих решений, составляет аппарат управления предприятием. Аппарат управления включает управленческий персонал в масштабе всего предприятия, а также его структурных подразделений.

На ДПП ООО Группа «Магнезит» действует функциональная структура управления – это структура, при которой предполагается создание подразделений для выполнения определенных функций на всех уровнях управления. В данной структуре общие и функциональные руководители не вмешиваются в дела друг друга. Каждый руководитель замыкает на себе только часть функций. Обратная связь может отсутствовать.

Кадровая политика цеха сводится к отбору работников, исходя из образования, профессии; к проведению испытательных сроков для начинающих; к заключению контрактов со специалистами предприятия; к повышению квалификации и переподготовки кадров, к системе профпродвижения.

Наиболее распространенными формами оплаты труда в практике работы предприятий являются сдельная и повременная, которые находят отражение в разновидностях систем оплаты труда [1].

В данном производстве применяется повременная оплата труда. При этой форме оплаты труда работник получает заработную плату в зависимости от количества отработанного времени и уровня его квалификации. Заработная плата

начисляется по простой повременной системе, т.е. по тарифной ставке работника данного разряда за фактически отработанное время. При помесячной оплате расчет заработной платы осуществляется исходя из числа рабочих дней, фактически отработанных работником в данном месяце, а также планового количества рабочих дней согласно графику работы на данный месяц. Также существует повременно-премиальная система оплаты труда, т.е. сочетание простой повременной оплаты труда с премированием за выполнение количественных и качественных показателей по специальным положениям о премировании работников.

На предприятии утверждены руководством предприятия штатные расписания, где указываются должности работающих и соответствующие этим должностям месячные оклады.

В условиях рынка принципиально меняются подходы к оплате труда, оплачиваются не затраты, а результаты труда, прибыль становится высшим критерием оценки количества и качества труда и основным источником личных доходов работников предприятий любых организационно-правовых форм.

В рыночной экономике нет строгой регламентации в оплате труда, каждый предприниматель может применять различные варианты оплаты труда, которые соответствуют целям предприятия.

9.2 Затраты при расчете себестоимости

9.2.1 График работы

Выбор и обоснование графиков работы Режим работы участка по производству изделий принят аналогичным режиму действующего производства, т.е. непрерывный, двухсменный, четырех бригадный, показанный в таблице 22

Таблица 22 − Непрерывный, двухсменный, четырех бригадный график

Смена	Отработано смен																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1
2	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2
3	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в
4	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в

Продолжение таблицы 22

Смена	Отработано смен												
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Всего
1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	16
2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	16
3	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	15
4	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	15

9.2.2 Баланс рабочего времени

Баланс рабочего времени составляется с целью определения фактически отработанного времени, показанный в таблице 23.

Таблица 23 − Баланс рабочего времени

Показатели	Непрерывный режим работы
Календарное время ($T_{кал}$), дни	365
Выходные дни	182
Праздничные дни	10
Номинальный фонд рабочего времени, дни	182
Невыхода всего в течение − очередной отпуск, дни − болезни, дни − учебные отпуска, дни − государственные обязанности, дни	50 42 5 2 1
Эффективный фонд рабочего времени ($T_{эфф}$), дни	305

Исходя из планируемого числа рабочих дней по балансу и числа дней работы участка в году, определяется коэффициент списочного состава.

$$К_{спис} = \frac{Т_{кал}}{Т_{эфф}} = \frac{365}{305} = 1,2. \quad (46)$$

Явочная и списочная численность рабочих определяется по формулам:

$$N_{яв} = НО \cdot n \cdot m, \quad (47)$$

где $N_{яв}$ – явочная численность рабочих, чел; НО – норма обслуживания, чел/агр; n – количество оборудования, шт; m – количество смен в сутки, шт.

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot К_{сп}; \quad (48)$$

где $N_{сп}$ – списочная численность рабочих, чел; $К_{сп}$ – коэффициент списочного состава.

Для шихтовщиков-дозировщиков, слесарей, электриков, просевщиков, транспортерщиков:

$N_{яв} = 1 \cdot 1 \cdot 3 = 3$ чел; $N_{сп} = 3 \cdot 1,2 = 4$ чел.

Для обжигальщиков:

$N_{яв} = 2 \cdot 1 \cdot 3 = 6$ чел; $N_{сп} = 6 \cdot 1,2 = 7$ чел.

В таблице 24 приведена расстановочная ведомость по производству флюса.

Таблица 24 – Расстановочная ведомость

Наименование профессии	Разряд	Кол-во рабочих	$К_{сп}$	Списочный состав, чел / %
Обжигальщик	6	7	1,2	7/14
Помощник обжигальщика	5	7		7/14
Транспортерщик	4	21		21/42
Просевшик	3	4		4/8
Дозировщик	3	4		4/8
Машинист холодильника	2	4		4/8
Машинист насосной установки	2	4		4/8
Электрик	4	4		4/8
Слесарь	4	4	1,2	4/8
Итого				59

Для обслуживания цеха по производству магнезиальных флюсов необходимая численность производственных рабочих составляет 59 человек. Средневзвешенный разряд по цеху:

$$T_{пр} = 100/(14/6+14/5+42/4+8/3+8/3+8/2+8/2+8/4+8/4) = 3.$$

Принимаем 3 разряд.

9.2.3 Оплата труда

Оплата труда рабочих производится по повременно-премиальной системе по действующим тарифным ставкам, согласно присвоенным разрядам в соответствии со штатным расписанием и «Единым тарифно-квалификационным справочником» за фактически отработанное время. На основную заработную плату насчитывается уральский коэффициент – 15%, а также премия за 100%-ное выполнение плана в зависимости от специальности.

В качестве примера рассмотрим расчет заработной платы обжигальщика:

– продолжительность смены: 11 часов, 30 минут;
– действительный фонд рабочего времени: 273 дня;
– годовой фонд рабочего времени: 273 · 11,5 = 2047,5 часов;
– часовая тарифная ставка: 76,39 руб./час;
– заработная плата по тарифу: 2047,5·76,39 = 156409 руб.;
– доплата за работу в вечернее время (20%):

$$273/3 \cdot 7,5 \cdot 76,39 \cdot 0,2 = 10427 \text{ руб.};$$

– доплата за работу в ночное время (40%):

$$273/3 \cdot 7,5 \cdot 76,39 \cdot 0,4 = 20854 \text{ руб.};$$

– доплата за работу в праздничные дни: 76,39 · 3 · 24 = 5500 руб.;
– доплата за мастерство и вредность (18%):

$$2047,5 \cdot 76,39 \cdot 0,18 = 28153 \text{руб.};$$

– премия за 100%-ное выполнение плана (70%):

$$156409 + 10427 + 20854 + 5500 + 28153 = 221343 \cdot 0,7 = 154940 \text{руб.};$$

– основная заработная плата за год: 221343 + 154940= 376283 руб.;
– заработная плата с уральским коэффициентом (15%):

$$376283 \cdot 0,15 = 56442 \text{ руб.}$$

$$56442+376283 = 432725 \text{ руб.}$$

Оплата труда руководителей, ИТР МОП производится по персональному окладу с начислением районного коэффициента, равного 1,15. Рабочим, оплачиваемым по персональным окладам, отменяются все виды доплат (кроме МОП).

Таблица 25 – Фонд оплаты труда руководителей, ИТР, МОП

Должность	Кол-во штат, ед.	Оклад месяч-ный, руб.	Основ-ная з/п руб.	Премия		Ураль-ский коэф-т (15%),руб	Общая з/п, руб.
				%	руб.		
Начальник цеха	1	58 000	58 000	-	-	8 700	800 400
Зам. начальника цеха	1	40 000	40 000	-	-	6 000	552 000
Начальник отделения	2	30 000	60 000	-	-	4 500	414 000
Технолог	1	40 000	40 000	-	-	6 000	552 000
Мастер	4	20 000	80 000	-	-	3 000	276 000
Экономист	1	25 000	25 000	-	-	3 750	345 000
Табельщик	1	20 000	20 000	-	-	3 000	276 000
Кладовщик	1	10 000	10 000	30	1 500	3 450	179 400
Уборщик произв. помещений	2	6 900	13 800	20	1 035	1 587	114 264
Всего							3 509 064
Фонд с учетом дополнительной з/п (14%)							4 000 333
Отчисления на ЕСН (26%)							1 200 100
Итого							5 200 433

9.2.4 Расчет затрат на амортизацию

Рассчитаем годовую сумму амортизационных отчислений на выбранное технологическое оборудование и здание, сведем полученные данные в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет амортизации

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость основных средств, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.
Дозатор	3	65,0	195,0	7,0	13,7
Печь	1	1 800,0	1 800,0	16,0	288,0
Холодильный барабан	1	720,1	720,1	14,0	100,8
Ленточный конвейер	1	6123,6	6123,6	20,0	1224,7
Элеватор	1	473,5	473,5	16,7	79,1
Грохот	1	84,6	84,6	10,0	8,5
Здание	1	2 500	2 500	1,7	42,5
Итого			11 897		1 757,3

Рассчитаем, сколько амортизационных отчислений в год приходится на 1 тонну готовой продукции:

1757300/80000 = 21,97 руб/т.

9.2.5 Стоимость сырья

Стоимость каждой составляющей шихты:

− сырой магнезит фракции 10 – 5 мм 400 руб./т;

− каустический магнезитовый порошок 1610 руб/т;

− сидеритовая руда 470 руб/т.

Потребность в каждой составляющей шихты с учетом потерь при транспортировке, потерь при прокаливании, влажности сырья представлена в таблице 27; потребность в энергетических ресурсах представлена в таблице 28.

Таблица 27 – Потребность в материальных ресурсах

Наименование вида материальных ресурсов	Потребность	
	кол., т	сум., тыс. руб.
Сырой магнезит фракции 0–5 мм	86 980,07	34 792 028
Каустический магнезитовый порошок	38 775,3	62 428 233
Сидеритовая руда фракции 13 – 0 мм	8 685,14	4 082 016
Итого		101 302 277

Таблица 28– Потребность в энергетических ресурсах

Наименование затрат	Единицы измерения	Норма расхода на единицу	Общий расход	Стоимость ед. расхода, руб.	Сумма, тыс. руб.
Природный газ	$м^3$	0,184	11 040	11,3	125
Сжатый воздух	$м^3$	0,331	19 860	1,7	34
Вода	$м^3$	0,031	1 860	12,7	24
Пар	Гкал	0,073	4 380	2260	9899
Электроэнергия	кВт	-	3 486 000	12,0	4 1832
Итого					51914

Расчет количества таких ресурсов, как природный газ, сжатый воздух, вода, пар производится исходя из норм расхода на единицу продукции.

Годовой расход электроэнергии определяется исходя из мощности установленных двигателей по всем агрегатам и их годового фонда рабочего времени.

Таблица 29 – Расчет количества и стоимости электроэнергии

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Мощность, кВт	Общая мощность,	Расход в год, кВт	Сумма. тыс. руб.
Дозатор	3	12	36	201 600	2419
Вращающаяся печь	1	200	200	1 680 000	2 0160
Холодильный барабан	1	125	125	1 050 000	1 2600

Окончание таблицы 29

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Мощность, кВт	Общая мощность,	Расход в год, кВт	Сумма. тыс. руб.
Ленточный конвейер	1	18	18	151 200	1814
Элеватор	1	4	4	33 600	403
Грохот	1	4	4	33 600	403
Дымосос	1	40	40	336 000	4032
Итого			415	34 860	4 1832

Расходы на текущий ремонт принимаются в размере 60% от амортизации:

$$1757{,}3 \cdot 0{,}6 = 1054{,}4 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на охрану труда и технику безопасности принимаются 10% от фонда оплаты труда:

$$32307{,}4 \cdot 0{,}1 = 3230{,}74 \text{ тыс. руб.}$$

Общецеховые расходы составляют 15% от фонда оплаты труда:

$$32307{,}4 \cdot 0{,}15 = 4846{,}11 \text{ тыс. руб.}$$

Общезаводские расходы составляют 15% от общецеховых:

$$4846{,}11 \cdot 0{,}15 = 726{,}9 \text{ тыс. руб.}$$

Коммунальные расходы составляют 20% от общецеховых:

$$4846{,}114 \cdot 0{,}2 = 969{,}22 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на освещение и вентиляцию составляют 20% от расхода электроэнергии:

$$41832 \cdot 0{,}2 = 8366 \text{ тыс. руб.}$$

Налог на имущество – 2,2% от суммы основных средств:

$$11897 \cdot 0{,}022 = 261{,}7 \text{ тыс. руб.}$$

Налог на землю – 4 руб. за 1м^2:

$$11700 \cdot 4 = 46{,}8 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 30 – Сводный расчет сметы расходов

№ п/п	Наименование показателей	Тонна продукции		Выпуск продукции	
		натур, выр-	стоим., руб.	натур, выр-е	стоим., тыс. руб.
1	Объем производства и реализации (без НДС) себестоимость	1	1 458,82	80000	116705,67
2	Объем продаж по отпускным ценам	1	3 200	80 000	256 000
3	Себестоимость всего, в том числе:		2 387		190 993
3.1	Переменные затраты:				180 323,27
3.1.1	сырье всего, в том числе:				101 302,27
	- сырой магнезит	0,956	400	86 980,07	34 792,02
	- каустич. магнезитовый порошок	0,485	1610	38 775,3	62 428,23
	- руда сидеритовая	0,109	470	8 685,14	4 082,02
3.1.2	энергоресурсы всего, в том				5 1914
	- природный газ	0,184	1,13	11 040	125
	- сжатый воздух	0,331	0,17	19 860	34
	- вода		1,27	1 860	24
	- пар	0,073	226,0	4 380	9 899
	- электроэнергия		1,20	3 486 000	4 1832
3.1.3	ФОТ производственных раб.				2 7107
3.2	Постоянные затраты:				10 610
3.2.1	ФОТ руководителей, ИТР				5 200,4
3.2.2	амортизация				1 757,3
3.2.3	расходы на текущие ремонты				1 054,4
3.2.4	расходы на охрану труда				480,2
3.2.5	общецеховые расходы				720,4
3.2.6	общезаводские расходы				108,1
3.2.7	коммунальные расходы				144,1
3.2.8	расходы на освещение и вентиляции				836,6
3.2.9	налог на имущество				261,7

Окончание таблица 30

№ п/п	Наименование показателей	Тонна продукции		Выпуск продукции	
		натур, выр-е	стоим., руб.	натур, выр-е	стоим., тыс. руб.
3.2.10	Налог на землю				46,8
4	Прибыль балансовая				65 007
5	Налог на прибыль (24%)				13 001,4
6	Чистая прибыль		650,07		52 002,6

9.3 Рентабельность

Рентабельность – это относительный показатель, определяющий уровень доходности проекта. Показатели рентабельности характеризуют эффективность работы предприятия в целом, доходов различных направлений деятельности; они более полно, чем прибыль характеризуют окончательные результаты хозяйствования, потому что их величина показывает соотношение эффекта с наличными или потребленными ресурсами[7].

Рентабельность продукции:

$$Р_{прод} = П_{ед}/С_{ед} \cdot 100\%, \quad (49)$$

где $П_{ед}$ – прибыль в расчете на единицу продукции, тыс. руб.; $С_{ед}$ – себестоимость единицы продукции, тыс. руб.

$$Р_{пр} = 650{,}07/2387 \cdot 100\% = 27{,}9\%$$

Таблица 31 – Сводные технико-экономические показатели проекта

№	Показатели	Ед. измерения	Величина показателя
1	Годовой объем выпуска продукции	т	80000
2	Количество работающих всего, в том числе:	чел.	71
2.1	производственных рабочих	чел.	59

Окончание таблицы 31

№ п/п	Показатели	Ед. изме-рения	Величина показателя
2.2	руководители, специалисты	чел.	12
3	Производительность (в год):		
3.1	на 1 ППП	шт.	1016,9
4	Балансовая стоимость оборудования	тыс. руб.	11897,0
5	Коэффициент загрузки оборудования		0,8
6	Себестоимость годового выпуска всего, в том	тыс. руб.	116705,67
7	Себестоимость единицы продукции	руб.	2 387,0
8	Прибыль	тыс. руб.	65 007,0
9	Чистая прибыль	тыс. руб.	180 005,6
10	Рентабельность продукции	%	27,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения заданной годовой производительности 80000 тонн в год необходимо следующее сырье в количестве, т: природный магнезит − 86980,07 т; каустический магнезит − 38775,3 т; сидеритовой руды − 8685,14 т; природного газа из групп северных месторождений Западной Сибири – 1, 199 нм^3/сек.

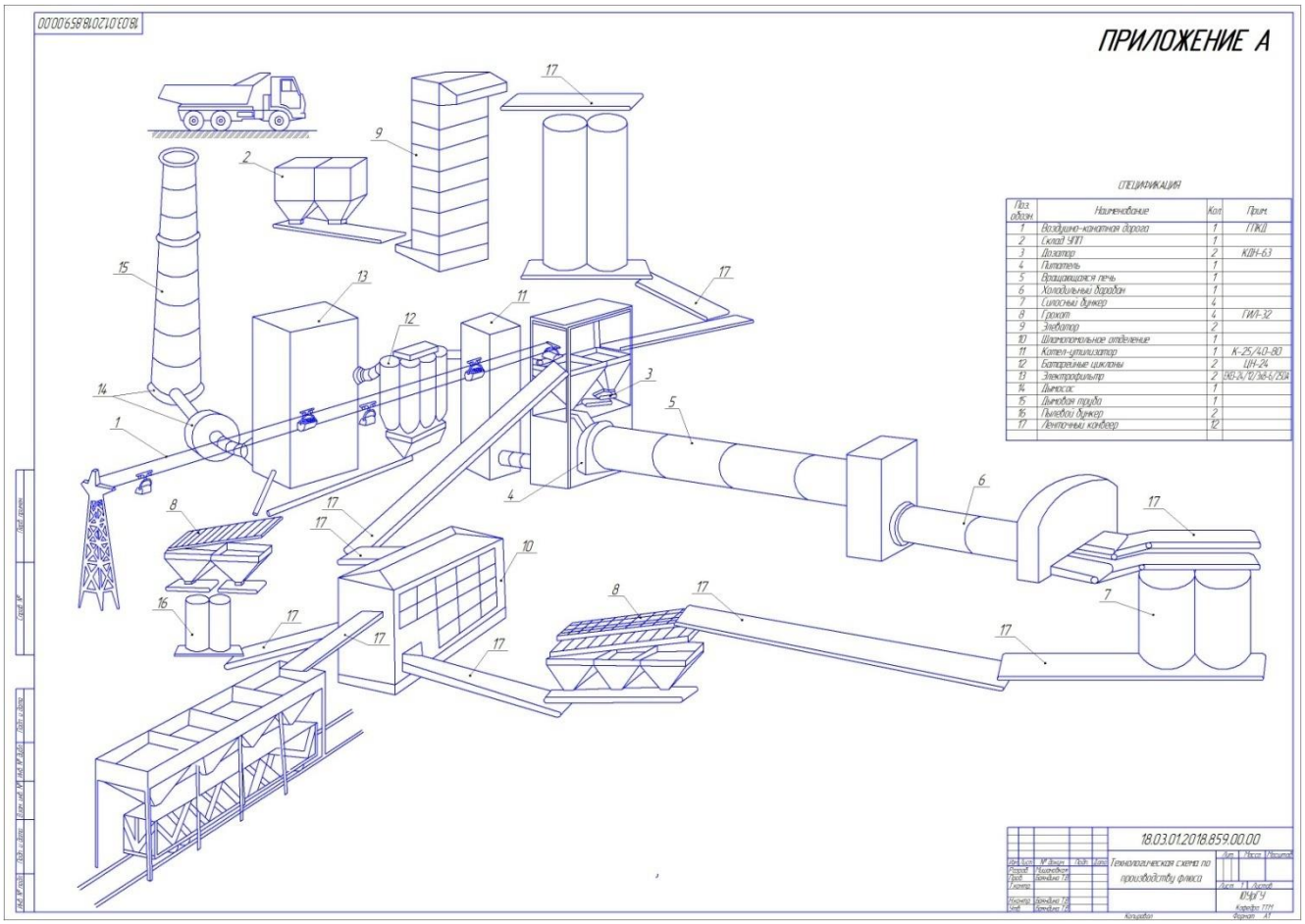
Предложенное изменение в существующую технологию позволит улучшить условия труда, при этом себестоимость готового выпуска продукции составит 116705,67 тысяч рублей, рентабельность производства 27,9 %.

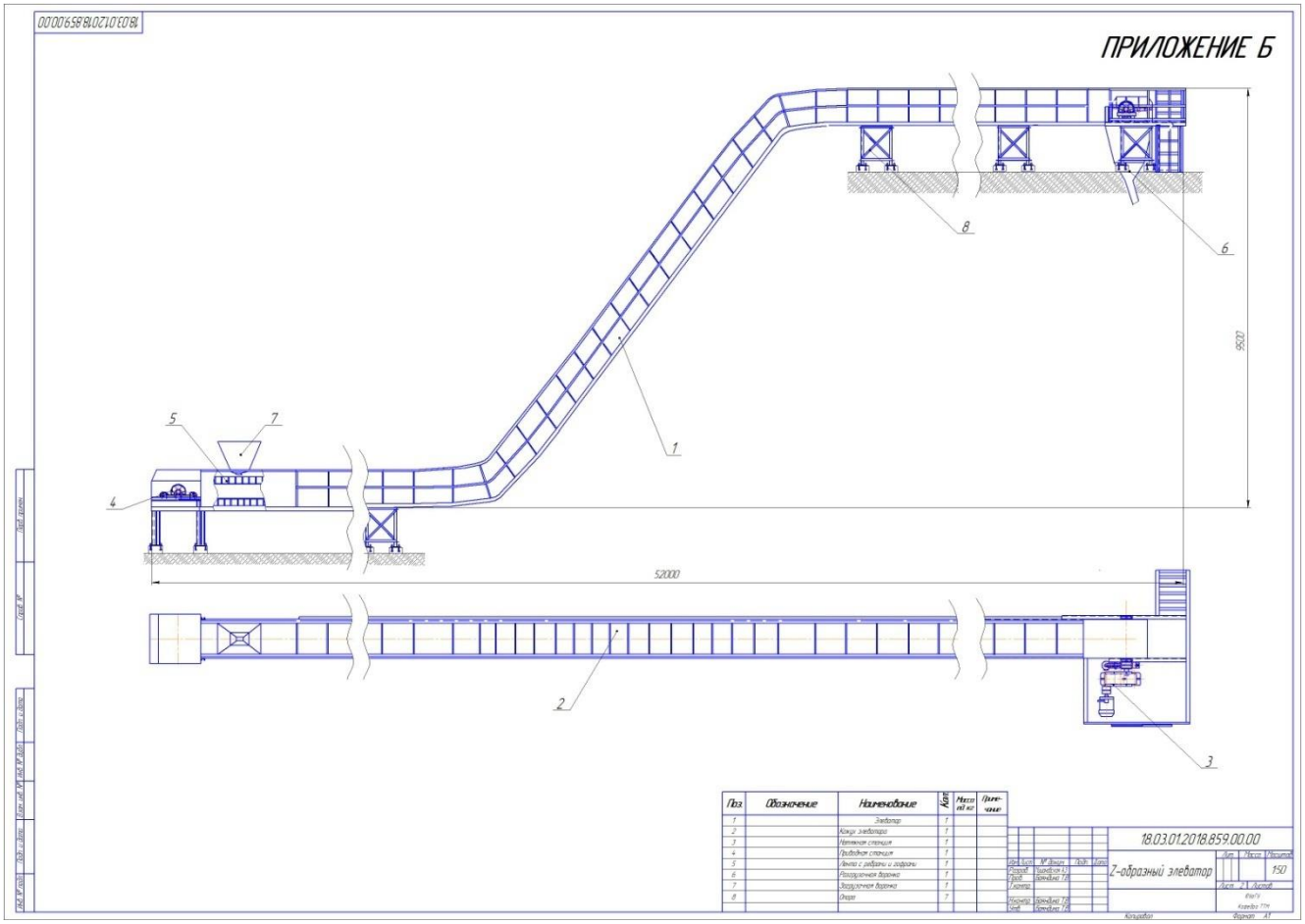
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

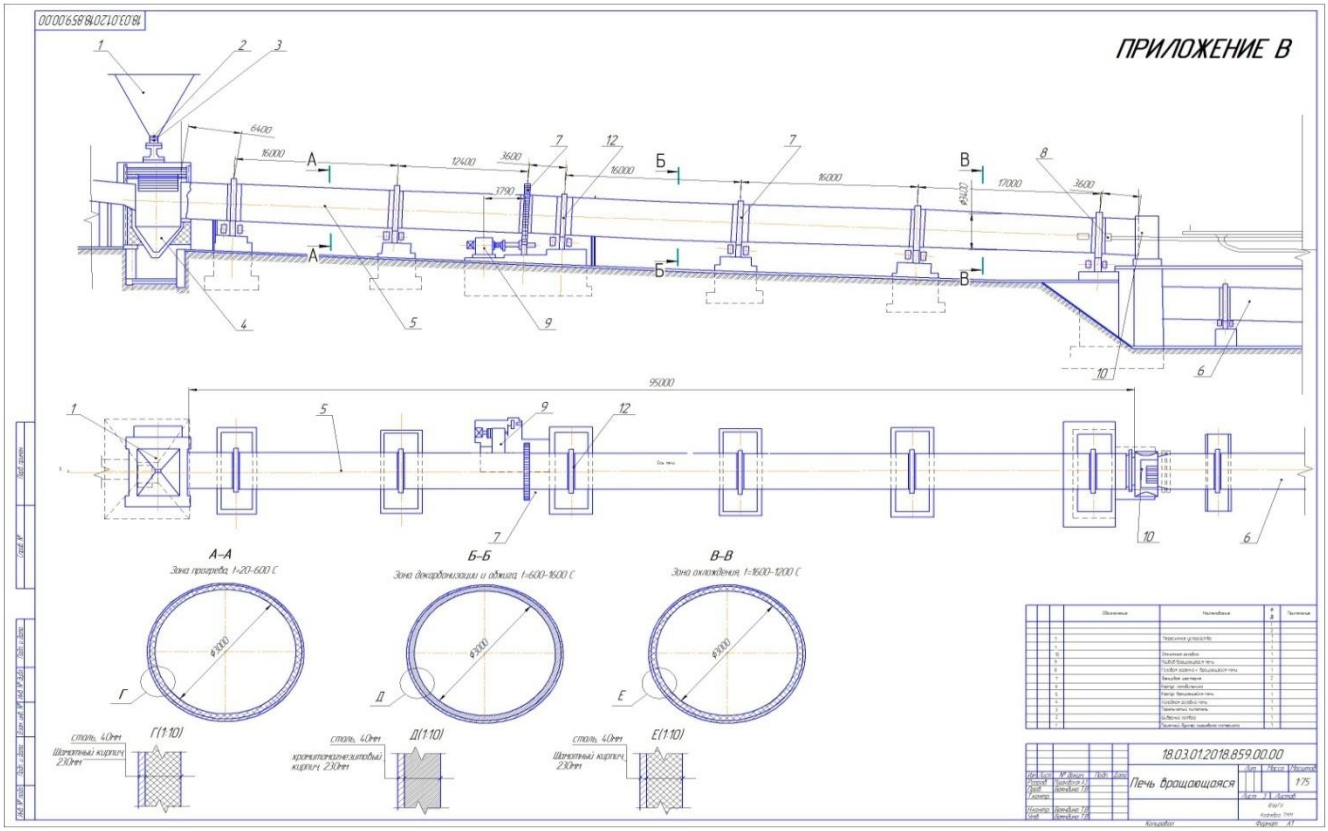
1. Балабанов, И.Т. Основы финансового менеджмента. Как управлять капиталом? / И. Т. Балабанов. − М. : 2005.−305с.
2. Ильевич, А.П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров/ А.П. Ильевич. – М.: Машиностроение, 1968. − 366с.
3. Кащеев, И.Д. Свойства и применение огнеупоров/ И.Д. Кащеев. – М.: Теплотехник, 2004. − 352с.
4. Кащеев, И.Д. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение / И.Д. Кащеев. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 320 с.
5. Левченко, П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности/ П.В. Левченко. − М: Высшая школа, 1968. – 367с.
6. Ксендзовский, В.Р. Автоматизация печей огнеупорной промышленности / В.Р. Ксендзовский. – М.: Металлургия, 1967. − 364с.
7. Стоянова, Е.П. Финансовый менеджмент / Е.П. Стоянова.−М.: 2004.−158с.
8. Андоньев, С.М. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии/ С.М. Андоньев, О.В. Филиппьев. – М.: Металлургия, 2009.−198с.
9. 11. Ефанов, П.Д. Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии/ П.Д. Ефанов, Н.Н. Карнаух. − М.: Металлургия, 2000. − 204с.
10. Кащеев, И.Д. Испытание и контроль огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов. – М.: Интермент Инжиниринг, 2003. − 286с.
11. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров / К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. − М: Металлургия, 1978. – 267с
12. Кащеев, И.Д. Химическая технология огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интермент Инжиниринг, 2007. − 752с.
13. Мамыкин, П.С. Печи и сушила огнеупорных заводов/ П.С. Мамыкин, П.В. Левченко, К.К. Стрелов. − М: Высшая школа, 1969. − 469с.
14. Певзднер, М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзднер, В.П.

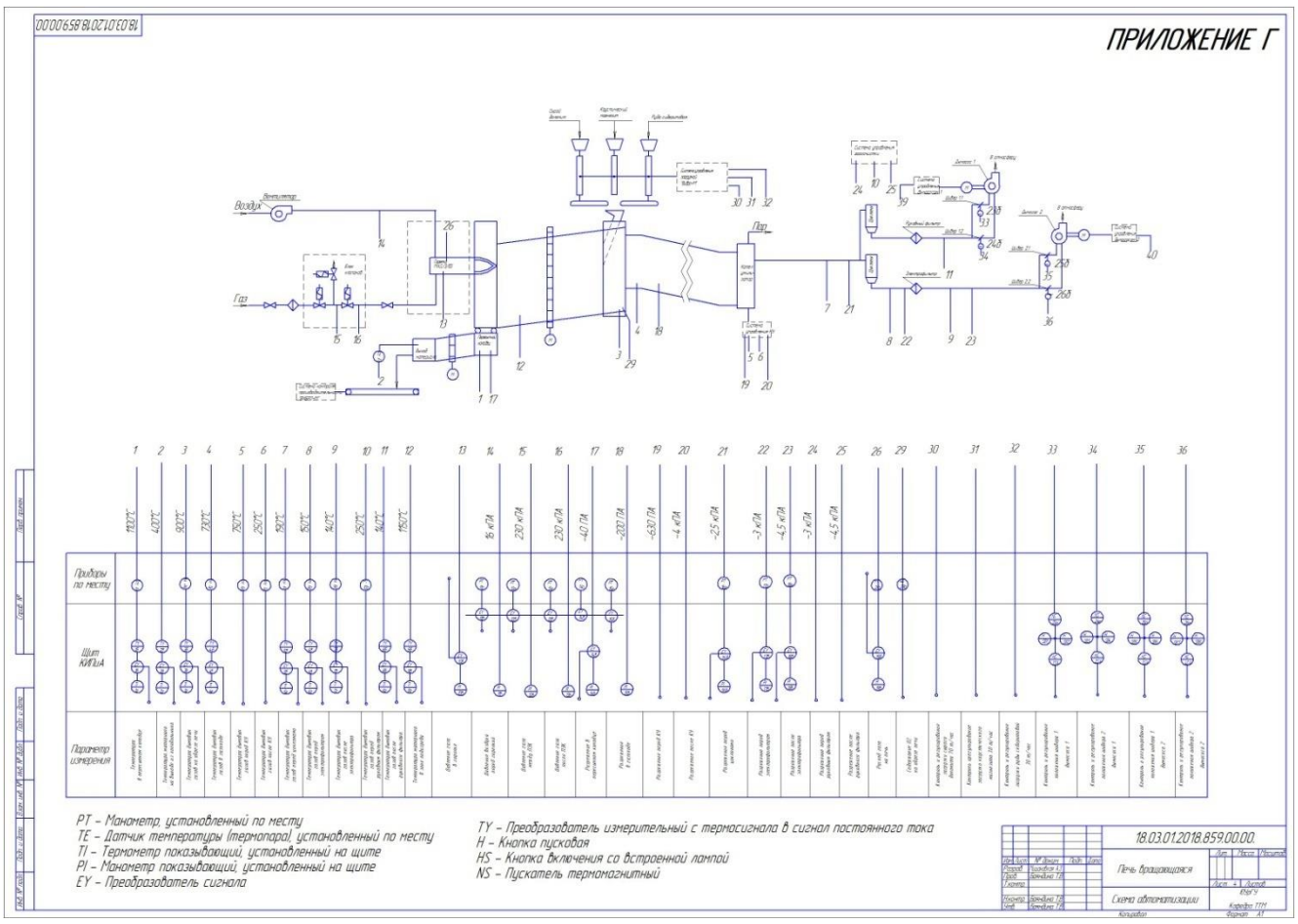
Костовецкий. – М.: Недра, 2000. − 397с.

15. Полоцкий, А.М. Автоматизация химических производств / А.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. − М: Химия, 2002. − 158с.
16. Васильев, Г.А. Основы безопасности труда на предприятиях черной металлургии / Г.А. Васильев, В.Д. Жидков, Л. Г. Шакирзянова. – М.: Металлургия, 2003. − 304с.
17. Хорошавин, Л.Б. Магнезиальные огнеупоры. Справочник / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын, В.А. Кононов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 547с.
18. Охрана труда. Под ред. Ушакова К.З. – М.: Недра, 2006. − 201с.


18.03.01.2018.859.00.00
ПРИЛОЖЕНИЕ А
СПЕЦИФИКАЦИЯ
Поз. обозн. | Наименование | Кол. | Прим.
1 | Воздушно-канатная дорога | 1 | ГПКД
2 | Склад ЧПП | 1 |
3 | Дозатор | 2 | КДН-63
4 | Питатель | 1 |
5 | Вращающаяся печь | 1 |
6 | Холодильник барабан | 1 |
7 | Силосный бункер | 4 |
8 | Грохот | 4 | ГИЛ-32
9 | Элеватор | 2 |
10 | Шламоприемное отделение | 1 |
11 | Котел-утилизатор | 1 | К-25/40-80
12 | Батарейные циклоны | 2 | ЦН-24
13 | Электрофильтр | 2 | ЭВ-3/10/36-6/250
14 | Дымосос | 1 |
15 | Дымовая труба | 1 |
16 | Пылевой бункер | 2 |
17 | Ленточный конвейер | 12 |
18.03.01.2018.859.00.00
Технологическая схема по производству флюса
Лит. | Масса | Масштаб
Лист | Листов
1 | 1
ЮУрГУ
Кафедра ТТМ
Формат А1
Копировал


18.03.01.2018.859.00.00
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
1
2
3
4
5
6
7
8
9527
52000
Поз
Обозначение
Наименование
Кол
Масса кг
Примечание
Элеватор
Конус элеватора
Натяжная станция
Приводная станция
Лента с ребрами и подрезы
Разгрузочная воронка
Загрузочная воронка
Опора
18.03.01.2018.859.00.00
Z-образный элеватор
Лит
Масса
Масштаб
1:50
Лист
Листов
Копировал
Формат А1


ПРИЛОЖЕНИЕ В
18.03.01.2018.859.00.00
А–А
Зона прогрева 1=20-600 С
Б–Б
Зона декарбонизации и обжига 1=600-1600 С
В–В
Зона охлаждения 1=1600-1200 С
Г(1:10)
Д(1:10)
Е(1:10)
сталь, 40мм
Шамотный кирпич 230мм
хромитомагнезитовый кирпич 230мм
18.03.01.2018.859.00.00
Печь вращающаяся
1:75


ПРИЛОЖЕНИЕ Г
18.03.01.2018.859.00.00
Воздух
Газ
Пар
Приборы по месту
Щит КИПиА
Параметр измерения
PT – Манометр, установленный по месту
TE – Датчик температуры (термопара), установленный по месту
TI – Термометр показывающий, установленный на щите
PI – Манометр показывающий, установленный на щите
EY – Преобразователь сигнала
TY – Преобразователь измерительный с термосигнала в сигнал постоянного тока
H – Кнопка пусковая
HS – Кнопка включения со встроенной лампой
NS – Пускатель термомагнитный
18.03.01.2018.859.00.00.
Печь вращающаяся
Схема автоматизации
Лист 4
Лист 5
Кафедра ТТМ
Формат А1

18.03.01.2018.859.00.00

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

п/п	Показатели	Единица измерения	Величина показателя
1	Годовой объем выпуска продукции	тонн	80 000
2	Количество работающих всего , в том числе: производственных рабочих руководители, специалисты	человек	71 56 12
3	Балансовая стоимость оборудования	тысяч рублей	11897,0
4	Коэффициент загрузки оборудования		0,8
5	Себестоимость годового выпуска всего,	тысяч рублей	116705,67
6	Себестоимость единицы продукции	рублей	2387,0
7	Прибыль	тысяч рублей	65007,0
8	Чистая прибыль	тысяч рублей	180005,6
9	Рентабельность продукции	%	27,9

18.03.01.2018.859.00.00
Технико-экономические показатели
Лит. | Масса | Масштаб
Лист 1 | Листов 1
Кафедра ТПМ
Формат А1