

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.

Совершенствование технологической линии производства спеченных  
периклазовых порошков на участке обжига

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 08.03.01.2018. 861.ПЗ. ВКР

Руководитель, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Т.В. Баяндина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
Студент группы ДО – 515  
\_\_\_\_\_ А.М. Перминова  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Т.В. Баяндина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018г.

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

Перминовой Альфии Мурзаяновны

Группа ДО-515

1 Тема работы

***Совершенствование технологической линии производства спеченных периклазовых порошков на участке обжига***

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 100000 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 практик

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 спеченных периклазовых порошков в России и за рубежом
7	Характеристика исходного сырья
8	Технология производства спеченных периклазовых порошков
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 виде презентаций в программе Power Point))

1	Титульный лист(название работы)
2	Цель и задачи работы
3	Актуальность темы
4	Характеристика исходного сырья
5	Технологическая схема производства
6	Автоматизация производства
7	Основное оборудование(вращающаяся печь)
8	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 спеченных периклазовых порошков 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
4.	Сдача ВКР для нормоконтроля	21.06.2018–25.06.2018
5.	Представление ВКР на кафедру	26.06.2018
6.	Проверка ВКР на заимствование в системе «Антиплагиат»	27.06.2018–30.06.2018
7.	Проведение предварительной защиты ВКР	02.07.2018
8.	Защита выпускной квалификационной работы	4.07.2018–5.07.2018

8 Дата выдачи задания 04.04.2018 г.

Руководитель ВКР

Т.В. Баяндина

Задание принял к исполнению

А.М. Перминова

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННЫХ ПЕРИКЛАЗОВЫХ ПОРОШКОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	9
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ .....	12
3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННОГО ПЕРИКЛАЗОВОГО ПОРОШКА.....	14
4 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННОГО ПЕРИКЛАЗОВОГО ПОРОШКА .....	20
5 МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА.....	25
6 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ...	28
7 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	43
8 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	55
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	57
10 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	81
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	88

## АННОТАЦИЯ

Перминова А.М. Совершенствование технологической линии производства спеченных периклазовых порошков на участке обжига. – Челябинск: ЮУрГУ, ДО–515, 2018, 88 с., схема 2, 36 табл., библиогр. список – 14 наим.

В выпускной квалификационной работе рассмотрено производство спеченных периклазовых порошков, предложено изменение в существующую технологию на стадии обжига. Предложено в зоне обжига вращающейся печи применять многослойную футеровку. Проведены расчеты материального баланса, горения топлива и теплового баланса. Подобрано основное и вспомогательное оборудование и рассчитано необходимое количество единиц оборудования с учетом заданной годовой производительности готовой продукции. Рассчитаны основные технико-экономические показатели производства в учетом предложенного изменения в существующую технологию.

					<i>08.03.01.2018.861.00.00.</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>А.М. Перминова</i>			<i>Совершенствование технологической линии производства спеченных периклазовых порошков на участке обжига</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Т.В. Баяндина</i>					6	
<i>Н.контр.</i>		<i>Т.В. Баяндина</i>				<i>ЮУрГУ г. Челябинск Кафедра ТТМ</i>		
<i>Утв.</i>								

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества огнеупоров и сохранение их удельного расхода на единицу продукции путем применения новых ресурсосберегающих технологий является одной из актуальных задач огнеупорной промышленности сегодняшнего времени. Повысить качество огнеупорных порошков и сохранить их удельный расход на единицу продукции возможно при наличии качественных материалов.

Спеченный периклазовый порошок является исходным сырьем для получения магнезиальных огнеупоров. От качества данных порошков будет зависеть качество готовой продукции.

Качество спеченных периклазовых порошков зависит не только от соединений в них MgO и размеров кристаллов периклаза, но и от кажущейся плотности зерен и их пористости. Чем выше плотность и ниже пористость зерен, тем качественнее спеченные периклазовые порошки.

Повысить качество спеченных периклазовых порошков можно за счет поддержания постоянной требуемой температуры в зоне обжига печи. Это может быть достигнуто за счет правильно выбранной футеровки печи.

**Цель работы:** Внесение изменений в существующую технологию путем многослойной футеровки печи в зоне обжига при производстве спеченных периклазовых порошков.

**Задачи:**

1. Провести сравнительную характеристику технологии производства спеченных периклазовых порошков в России и за рубежом.

2. Изучить характеристику исходного сырья

3. Изучить технологией производства спеченного магнезитового порошка

4. Составить материальный баланс производства с учетом годовой производительности

5. Подобрать и определить количество необходимого механического и теплотехнического оборудования с учетом предложения по изменению в технологии и определению его количество единиц с учетом годовой производительности по готовой продукции.

6. Провести теплотехнические расчеты

7. Изучить контроль производства

8. Ознакомиться с автоматизацией производства

Предложение изменения в существующую технологию позволят увеличить производительность, качество готовой продукции и экономию энергоресурсов.

# 1 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННЫХ ПЕРИКЛАЗОВЫХ ПОРОШКОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Исходным сырьем для производства спеченных периклазовых порошков является природный магнезит.

Природный магнезит существует в виде двух физических формах: кристаллической и аморфной.

В России главным источником природного магнезита является Саткинское месторождение кристаллического магнезита [14].

Наиболее характерные месторождения кристаллических магнезитов за рубежом находятся в Австрии, Словакии, Испании, Китае и др. [14].

Месторождения аморфного магнезита встречаются за рубежом в Греции, Турции, Югославии, Индии [14].

В России аморфные магнезиты распространены на Южном Урале: Халиловское месторождение [14].

Основными примесями природных магнезитов являются доломит, кварц, тальк, пирит и др. Следовательно, природный магнезит независимо от его разновидности должен обогащаться.

Легкообогатимым сырьем является кристаллический магнезит, т.к в природе залегает пластами. В аморфных магнезитах минерал магнезит находится в виде вкраплений в горной породе.

Существуют следующие виды обогащения природного магнезита: химическое обогащение, обогащение в тяжелых суспензиях, флотационное обогащение, процесс кальцинации.

В России обогащение природного магнезита проводят чаще всего в тяжелых суспензиях, лазерной фотосепарацией и кальцинацией.

За рубежом используют флотационное обогащение, лазерную фотосепарацию и кальцинацию.

После обогащения природные магнезиты проходят стадию обжига.

Сырой магнезит при обжиге до 1550–1600 °С дает усадку около 25 %; при этом происходит спекание, сопровождающееся ростом кристаллов периклаза и повышением плотности. В зависимости от размеров кусков обжигаемого материала существуют два способа получения периклазовых обожженных порошков. Крупные куски магнезита размерами от 40 до 250 мм обжигают во вращающихся печах, работающих по сухому способу и отапливаемых природным газом или мазутом, а так же в шахтных печах при 1600–1650 °С.

В процессе обжига происходит значительное измельчение магнезита в результате растрескивания и механического воздействия при перемещении во вращающейся печи.

При 1550–1600 °С наилучшее спекание наблюдается при монтичеллитовом составе связки с  $\text{CaO/SiO}_2 = 0,93$ ; спекание ухудшается при двухкальциевом ( $\text{CaO/SiO}_2 = 1,87$ ) или форстеритовом составе связки. Спекание ухудшают так же мервинитовая и трехкальциевосиликатная связки ( $\text{CaO/SiO}_2$  равно соответственно 1,32 и 2,80) [4].

При обжиге легкоплавкие примеси, в первую очередь диабаз, плавятся. На капельки расплава (во вращающихся печах) налипают мелкие частицы магнезита, в результате чего образуются зерна и крупные окатыши свары. Обожженный магнезит измельчают и рассеивают. Вследствие образования сваров различные фракции обожженного магнезита имеют не одинаковый химический состава. В крупных фракциях содержится больше  $\text{CaO}$  и меньше  $\text{MgO}$ , чем в мелких фракциях [4].

Основной недостаток при обжиге магнезита во вращающихся печах по сухому способу заключается в большом пылеуносе, достигающем 20-25 %. Он возникает в следствии полной потери кристаллическим магнезитом прочности при разложении  $\text{MgCO}_3$ , а так же значительного истирания. Для улавливания пыли применяют грубую очистку в осадительных камерах и последующую тонкую очистку дымовых газов в батарейных циклонах(мультициклонах) и электрофильтрах. Уловленную пыль называют каустическим магнезитом. Она

содержит более 80 % частиц размеров менее 0,06 мм. Для получения более плотного спеченного магнезита применяют обжиг в шахтных печах до 2200 °С [4].

Спеченные периклазовые порошки являются исходным сырьем как для производства изделий, так и производства огнеупорных (неформованных) материалов. Качество периклазовых порошков существенно влияет на износостойчивость готовой продукции.

Оценку качества периклазовых порошков проводят по четырем основным параметрам: химическому составу, размерам кристаллов периклаза, пористости и кажущейся плотности зерен [14].

Качество периклазовых порошков возрастает с увеличением содержания в них MgO, размера кристаллов периклаза и кажущейся плотности зерен с соответствующим уменьшением пористости зерен [14].

Снизить кажущуюся плотность зерен и уменьшить их пористость можно путем поддержания в зоне обжига печи температуры до 1700 °С. Для этого необходимо снизить потери в окружающую среду [14].

Периклазовые порошки для огнеупоров из магнезита или гидроксида магния(брусита) получают при обжиге сырья до температуры 1500–2000 °С. В мире они известны как глубоко спеченная магнезия, или периклазовый клинкер, а по нашей терминологии – это спеченный периклаз [14].

Температуру обжига широко варьируют в зависимости от чистоты исходного материала – высокожелезистые магнезиты (Словакия) обжигают при температурах около 1500 °С, а высокочистые канадские при температуре более 1800 °С. Спеченные периклазовые порошки производят обжигом магнезита во вращающихся или шахтных печах, при чем последний тип печей экономически более рационален. Удельный расход топлива на 1 т. Периклазового порошка составляет в шахтных печах 180–200 кг/т, а во вращающихся печах 360–400 кг/т. [14].

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ

Обжиг сырого магнезита производится во вращающихся печах длиной 90 м диаметром 3,5 м.

В качестве основного топлива используется природный газ. Резервным топливом является мазут. Сырьем для обжига во вращающихся печах является:

- сырой магнезит марки МИ и МП;
- каустический магнезитовый порошок для совместного обжига с магнезитом марки МП;
- слабоспеченный периклазовый порошок в виде фракций 8–0 мм;
- брак массы и брак прессовки периклазовых, периклазошпинельных периклазографитовых изделий, периклазовая корка, получаемая при плавке периклазового порошка и непригодная для повторных плавков.

Сырой магнезит, подаваемый на обжиг во вращающиеся печи, по химическому и зерновому составам должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к сырому магнезиту подаваемому во вращающиеся печи

Наименование показателей	Значение	
	МИ	МП
1. Массовая доля, %		
CaO, не более	2,1	4,0
SiO <sub>2</sub> , не более	1,1	2,0
Размер кусков, мм	40 – 0	
3. Массовая доля, %		
Кусков крупностью от 40 до 60 мм в одном измерении, не более	7	

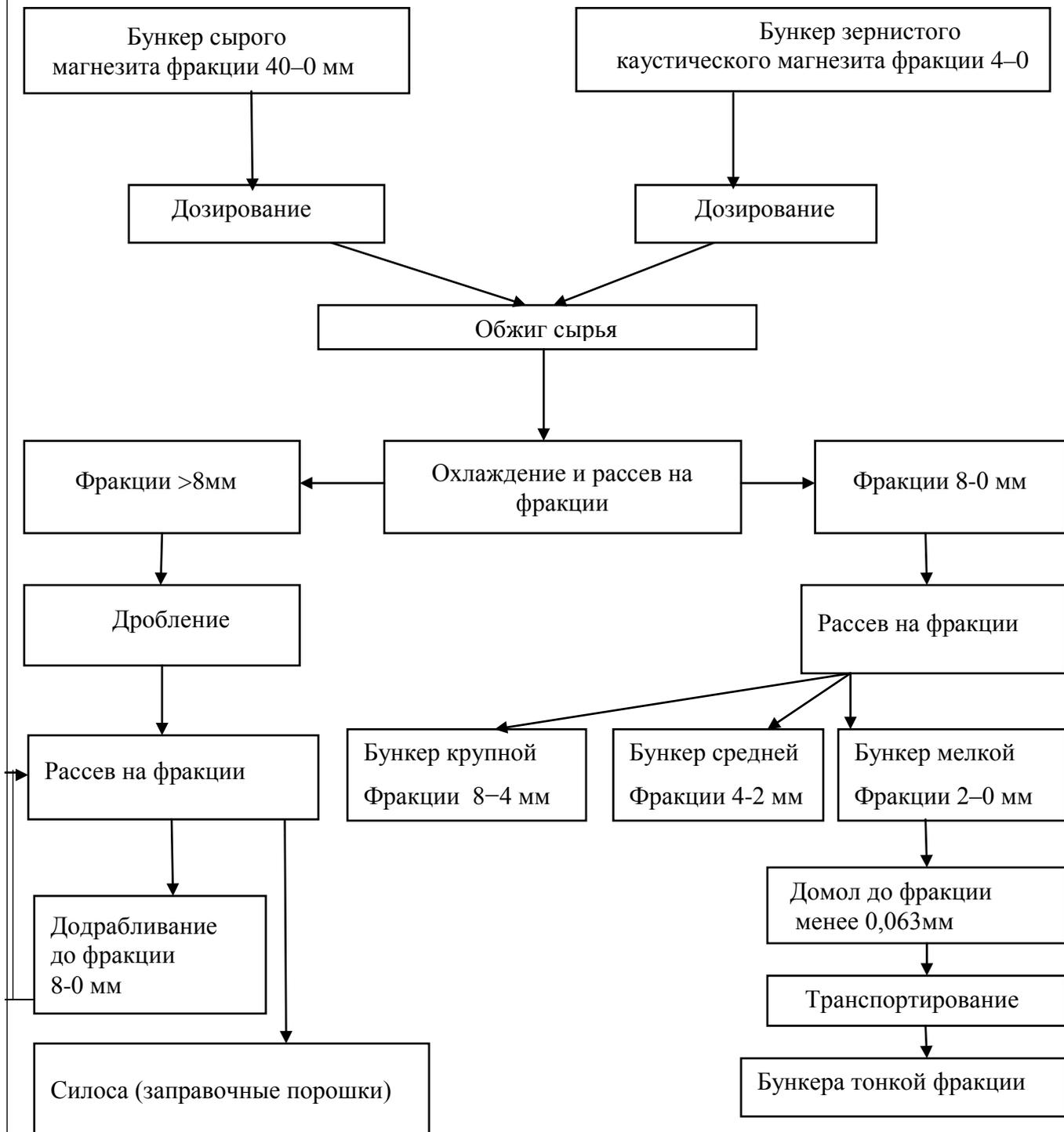
Окончание таблицы 1

Наименование показателей	Значение	
	МИ	МП
Присадки доломита, % не более	3,0	–

Разрешается использовать вместе с сырым магнезитом марки МИ брак массы и прессовки периклазовых, периклазошпинельных периклазографитовых изделий, периклазовую корку, получаемую при плавке периклазового порошка и не пригодную для повторных плавок. Количество брака массы и прессовки периклазовых, периклазошпинельных периклазографитовых изделий, периклазовой корки, не пригодной для повторных плавок в смеси должно составлять от 10 до 20%.

### 3 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННОГО ПЕРИКЛАЗОВОГО ПОРОШКА

Технология производства спеченного периклазового порошка приведена на рисунке 1.



Сырой магнезит на участок вращающихся печей подается по подвесной канатной дороге, затем подается в расходные бункера над печами.

Подача сырого магнезита в печь производится автоматическими ленточными дозаторами. Обжиг сырого магнезита производится во вращающихся печах. Температура обжига при сниженной тепловой нагрузке  $\sim 1500^{\circ}\text{C}$ . С (для получения более плотного спеченного магнезита применяют обжиг в шахтных печах до  $2200^{\circ}\text{C}$ ). Всю длину вращающихся печей условно делят на зоны подогрева и декорбонизации, спекания и охлаждения. Распределение зон по длине вращающихся печей приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение зон по длине вращающихся печей

Длина печи	90 м
Зоны:	
Подогрева и декорбонизации	65 м
Спекания	16 м
Охлаждения	9 м

В процессе обжига происходит значительное измельчение магнезита в результате растрескивания и механического измельчения при перемешивании во вращающейся печи. Скорость движения материала в печи определяется свойствами магнезита в результате физико-химических процессов, происходящих при обжиге. Продолжительность движения магнезита зависит от колебаний зернового состава сырья и состояния футеровки.

Периклазовый порошок из вращающихся печей поступает в холодильник. При выходе из холодильного барабана разделяется на две фракции: 8–0 мм и более 8 мм.

Фракция более 8 мм идет на дробление в конусной дробилке, затем рассеивается по фракциям и поступает в бункеры отдельных фракций (заправочные порошки). Заправочные порошки (металлургические) применяют для изготовления и заправки (ремонта) подин и откосов мартеновских и

электросталеплавильных печей. Metallургические порошки классифицируют по химическому и зерновому составам. Для уменьшения пылеобразования при транспортировании и особенно при заправке печей порошок обмасливают.

Фракция 0–8 мм рассеивается на грохоты и поступает в бункера фракций (крупной, средней и мелкой). Эти фракции идут на дозирование и упаковку. Часть мелкой фракции поступает на домол в трубную мельницу, где измельчается до фракции менее 0,063 мм. Затем пневмотранспортом подается в бункер тонкого помола и далее на дозирование и упаковку.

Вращающаяся печь предназначена для высокотемпературного обжига (до 1750 °С) сырого магнезита и других магнезитосодержащих материалов.

Во вращающихся печах обжигается:

1. Сырой магнезит марки МИ;
2. Сырой магнезит марки МП;
3. Сырой магнезит марки МШ;
4. Кальцинированный магнезит от вращающихся печей ЦМП–3;
5. Смесь сырого магнезита и каустического магнезитового порошка, уловленного при очистке отходящих газов от вращающихся печей;
6. Смесь сырого магнезита марки МП с каустическим магнезитом и руды сидеритовой;
7. Смесь сырого магнезита марки МП с доломитом, каустическим магнезитом и руды сидеритовой;

Сырой магнезит, подаваемый на обжиг во вращающиеся печи, по химическому и зерновому составам должен соответствовать ТИ 72664728–044–2012. Требования к сырому магнезиту приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к сырому магнезиту

Наименование показателей	От печей работающих на сыром магнезите марки МП
Фракция, мм	40-0; 8-0

Окончание таблицы 3

Наименование показателей	От печей работающих на сыром магнезите марки МП
Массовая доля, %	
CaO не более	4,0
SiO <sub>2</sub> , не более	2,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,	факультативно
Массовая доля, %	
куском крупностью в одном измерении от 40 до 60мм, не более	7
Фракция 8–0, не более	70

Контроль за качеством сырья по химическому и зерновому составам производится в соответствии с технологической инструкцией ТИ 72664728–044–2012 и осуществляется ЦЛ.

Расход сырья, поступающего на обжиг за смену и за месяц, учитывается согласно данным ДОФ (КВИС).

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



Реакция идет с поглощением тепла  $q = 2753$  кДж/кг MgO. Карбонат кальция CaCO<sub>3</sub>, присутствующий в виде известняка или доломита, при нагревании также разлагается:



а расход тепла составляет  $q = 2828$  кДж/кг CaO.

В расчете на 1 кг исходных карбонатов затраты тепла составляют 1584 и 1316 кДж/кг соответственно для CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>. При полном разложении 1 кг

$\text{CaCO}_3$  образуется 0,56 кг  $\text{CaO}$  и 0,44 кг  $\text{CO}_2$ , а 1 кг  $\text{MgCO}_3$  соответственно 0,478 кг  $\text{MgO}$  и 0,522 кг  $\text{CO}_2$  [14].

При нагревании  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  в печи процесс их разложения начинается с поверхности, и по мере прогрева граница реакции перемещается к центру куска карбоната. Важно, что температура на границе реакции диссоциации в момент разложения остается постоянной до тех пор, пока не завершится реакция декарбонизации. Поэтому время, необходимое на разложение куска карбоната, прямо пропорционально его линейным размерам и для повышения производительности печей по обжигу магнезита необходимо уменьшить размеры кусков материала, подаваемых в печь.

В процессе обжига происходит значительное измельчение магнезита в результате растрескивания и механического измельчения при перемешивании во вращающейся печи. Скорость движения материала в печи определяется свойствами магнезита в результате физико-химических процессов, происходящих при обжиге. Продолжительность движения магнезита зависит от колебаний зернового состава сырья и состояния футеровки. Удельный расход условного топлива на 1 т обожженного периклазового порошка составляет во вращающихся печах – 360–460 кг. В качестве топлива используют природный газ.

Спеченный периклазовый порошок должен соответствовать следующим требованиям указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Требования к спеченному периклазовому порошку марки МП

Наименование	Показатель
Массовая доля, %	
$\text{CaO}$	1,5 – 3,5
$\text{SiO}_2$	1,1 – 2,7
$\text{MgO}$	85 – 89

Примеси в магнезите и особенно легкоплавкие образуют в обжиге расплав, который способствует образованию свар, 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.

Основной недостаток при обжиге магнезита во вращающихся печах по сухому способу заключается в большом уносе пыли, достигающем 20–25 %. Также недостатком считается 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 менее 0,06 мм. Эта пыль называется каустической. Каустическая пыль плохо спекается, поэтому перед повторным ее обжигом рекомендуют часть пыли измельчать в трубной мельнице, а затем брикетировать на плоских пресс-валцах с немолотым порошком.

## 4 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

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

Технический контроль – это проверка соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленными стандартами или техническими требованиями. Технический контроль является неотъемлемой частью производственного процесса. Он выполняется различными службами предприятия в зависимости от объекта контроля.

Контроль качества готовой продукции и полуфабрикатов своего производства осуществляет управлением технического контроля (УТК), права, и обязанности которого определяются Типовым положением, хотя ответственность за качество не снимается с исполнителей и руководителей производственных подразделений (цехов и участков). УТК представляет собой самостоятельное структурное подразделение комбината. Основной задачей технического контроля на предприятии является своевременное получение полной и достоверной информации о качестве продукции, состоянии оборудования и технологического процесса с целью предупреждения неполадок и отклонений, которые могут привести к нарушениям требований стандартов и технических условий. Основной обязанностью УТК является осуществление контроля качества выпускаемой продукции, строго соответствия ее стандартам и техническим условиям. УТК контролирует соблюдение установленной технологии на всех стадиях производства, а также поступающих в цех сырья и материалов.

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 [15].

Текущий контроль технологии крупнозернистых периклазовых порошков предусматривает:

- а) соблюдение технологического процесса;
- б) предупреждение причин, приводящих к браку продукции;
- в) отсортировку бракованной продукции от годной.

Участки контроля и содержание определений устанавливаются 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.

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.

Для контроля технических параметров при изготовлении порошков применяют также метрологический контроль с применением научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и точности измерений, способствующих выпуску качественной продукции.

Главными задачами УТК (управление техническим контролем) являются предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий, эталонов, технической документации, договорным условиям, а также укрепление производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качеством выпускаемой продукции.

Продукция предприятия может быть реализована только после приемки ее УТК. Для определения соответствия качества огнеупоров требованиям стандартов

УТК проводит соответствующую паспортизацию (качественную характеристику) по следующему порядку. После дробления мастер участка отбирает пробу и несет ее в лабораторию на полный химический анализ. После этого, порошок сортируют по маркам в соответствии с действующими стандартами, и готовая продукция складывается в бункера. На каждую партию цех предъявляет УТК извещение, на основании которого УТК присваивает номер партии и отбирает пробу. Объем лабораторных испытаний указывает УТК в специальном паспорте. После того как лаборатория закончит все испытания, выписываются сведения, где указываются все параметры, по которым данная проба прошла испытания на соответствие требованиям и стандартам. На основе этого УТК делает заключение о марке порошка и составляет сертификат качества на отгружаемую продукцию.

По характеристикам распределений качественных показателей готовой продукции можно установить состояние всего технологического процесса или состояние его на отдельных участках. Качество подаваемых порошков можно определить с помощью дисперсионного анализа, с использованием круглых лабораторных сит и химического состава при помощи достаточно эффективных методов с использованием концентромера "КАЛЬПРОБ" и установки "КАЛЬКОНТ".

#### Учет и анализ брака.

Браком называется продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия в ней дефектов. Дефект — это каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Дефекты бывают явные, выявление которых регламентировано соответствующей документацией, и скрытые, выявление которых документацией не предусмотрено.

Под видом брака подразумевают конкретные дефекты и отступления от установленных требований к качеству материала, форме, размерам изделия, которые являются основанием для его браковки и отделения от годной продукции. По видам производств различают исправимый и неисправимый брак.

Исправимым браком считают заготовки, детали, изделия с такими дефектами, устранения которых технически возможно и экономически целесообразно, что позволяет использовать их по прямому назначению без снижения требований к качеству. Окончательным браком считают заготовки, детали, изделия с дефектами, устранения которых технически неосуществимо и экономически нецелесообразно, поскольку не обеспечивает возможности их использования по прямому назначению [15].

Учет и анализ брака позволяет выявить его причины и конкретных виновников, что является неотъемлемой частью рациональной организации производства. Каждая партия продукции предъявляется на контроль с сопроводительной документацией, в которой контролер отмечает результаты проверки качества. При обнаружении в предъявленной продукции неисправимого брака контролер обязан оформить его актом. Исправимый брак возвращается на доработку.

Таблица 5 – Технологический контроль производства печного отделения

Наименование контролируемого материала	Контролируемые параметры	Место отбора проб	Частота отбора проб	Частота определения	НД для контроля
Зернистый каустический магнезит фр. 4-0мм	Массовые доли: CaO, SiO <sub>2</sub>	Колонвейер	Через рез 4 ч.	Через 4ч	ГОСТ 2642,7-86 МВИ 1367-92 ГОСТ 2642,5-86 ГОСТ 2642,2-86 ГОСТ 2642,8-86 МВИ 97-90(с)
	$\Delta m_{гр}$ к	Колонвейер	Через рез 6 ч.	Через 6 ч.	

Окончание таблицы 5

	MgO		По каждому бункеру	По каждому бункеру	
	Зерн овой состав на ситах № 4,3,1 и 0,5	Кон вейер	Че рез 4 ч.		ГОСТ 27707-88
	Пор истость открытая		Че рез 4 ч.		ГОСТ 18847-8
Спеч енный периклазо вый порошок фракции более 8мм	CaO, SiO <sub>2</sub>	Кон вейер	Че рез 8 ч.	Через 8 ч.	ГОСТ 2642,7-86 МВИ 1367-92(х)
Пер иклазовы й спеченны й порошок фр. 8-0 мм	Мас совые доли: CaO, SiO <sub>2</sub>	Из силосов	3 раза/сут	3 раза/сут	ГОСТ 2642,7-86 МВИ1367 -92(х) МВИ 97- 90(с)

## 5 МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОИЗВОДСТВА СПЕЧЕННОГО ПЕРИКЛАЗОВОГО ПОРОШКА

Необходимая производительность 100000т.

1. Выход продукции из вращающихся печей с учетом безвозвратных потерь при транспортировке:

$$Q_1 = Q_{\text{год}} \cdot 100 / (100 - m_1), \text{ т/год}$$

где  $Q_{\text{год}}$  - годовая производительность,  $Q_{\text{год}} = 100000\text{т}$ ;

$m_1$  - безвозвратные потери при транспортировке, %;

$$Q_1 = 100000 \cdot 100 / (100 - 1,2) = 101215 \text{ т/год}$$

Масса безвозвратных потерь при транспортировке, т /год.

$$m'_1 = Q_1 - Q_{\text{год}}, \text{ т/год}$$

$$m'_1 = 101215 - 100000 = 1215 \text{ т/год.}$$

Подача сырья в печь с учетом потерь при прокаливании:

$$Q_2 = Q_1 \cdot 100 / (100 - m_2), \text{ т/год}$$

где  $m_2$  - потери при прокаливании, %.

$$Q_2 = 101215 \cdot 100 / (100 - 52) = 210865 \text{ т/год.}$$

Масса потерь при прокаливании, т/год

$$m'_2 = Q_2 - Q_1,$$

$$m'_2 = 210865 - 101215 = 109650 \text{ т/год.}$$

Подача сырья в печь с учетом пылеуноса:

$$Q_3 = Q_2 \cdot 100 / (100 - m_3), \text{ т/год}$$

где  $m_3$  - процент всей уносимой пыли, %

$$Q_3 = 210865 \cdot 100 / (100 - 27) = 288856 \text{ т/год}$$

Масса всей уносимой пыли, т/год

$$m'_3 = Q_3 - Q_2$$

$$m'_3 = 288856 - 210865 = 77991 \text{ т/год}$$

Масса улавливаемой пыли

$$m''_3 = m'_3 \cdot R / 100, \text{ т/год}$$

где R –коэффициент полезного действия пылеулавливающего устройства 0,98

$$m''_3 = 77991 \cdot 0,98 / 100 = 76431 \text{ т/год}$$

Масса безвозвратно уносимой пыли, т/год.

$$m'''_3 = m'_3 - m''_3,$$

$$m'''_3 = 77991 - 76431 = 1560 \text{ т/год.}$$

Подача сырья в печь с учетом возврата пыли:

$$Q_4 = Q_3 - m'''_3,$$

$$Q_4 = 288856 - 76431 = 212425 \text{ т/год.}$$

Подача сырья в печь с учетом влажности:

$$Q_5 = Q_4 \cdot 100 / (100 - m_5), \text{ т/год}$$

где  $m_5$  – влажность сырья, %.

$$Q_5 = 212425 \cdot 100 / (100 - 5) = 233605 \text{ т/год.}$$

Масса воды, испаряемой в печах, т/год

$$m'_5 = Q_5 - Q_4, \text{ т/год}$$

$$m'_5 = 233605 - 212425 = 11180 \text{ т/год.}$$

Находим расходный коэффициент:

$$K_{\text{расх}} = \frac{Q_5}{Q_{\text{год}}} = \frac{233605}{100000} = 2,33$$

Данные по материальному балансу производства спеченного порошка сведены в таблице 6.

Таблица 6 – Материальный баланс производства спеченного порошка

Приход	Расход
Сырой магnezит	
$Q_5 = 233605$	$Q_{\text{год}} = 100000$ т/год (годовая производительность)
	$m'_1 = 1215$ т/год (потери при транспортировке)
	$m'_2 = 109650$ т/год (потери при прокаливании)
	$m'''_3 = 1560$ т/год (масса безвозвратно уносимой пыли)

Продолжение таблицы 6

	$m'_5 = 11180$ т/год
Приход	Расход
ИТОГО 223605	ИТОГО 223605

Приход = Расход

Невязка баланса составляет 0%.

Таким образом, для производства спеченного периклазового порошка с учетом заданной годовой производительности требуется 223605 т сырого магнезита.

## 6 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подбор основного и вспомогательного оборудования проведен, исходя из заданной годовой производительности, выпускаемой продукции и количество тепловых агрегатов (вращающийся печи). Для получения 100000 тонн в год крупнозернистых периклазовых порошков необходимо одна вращающаяся печь. Зная годовую производительность продукции, определим часовую производительность печи по формуле:

$$P = \frac{P_{\text{год}}}{(T - T_{\text{ост}}) \cdot n}$$

где  $P_{\text{год}}$  – годовая производительность;  $T$  – количество дней в году;  $T_{\text{ост}}$  – количество остановок печи в год;  $n$  – количество часов в сутки.

$$P = \frac{100000}{(365 - 20) \cdot 24} = 12,0 \text{ т/час}$$

Принимаем вращающуюся печь, производительностью 10,14 т/час. Определим количество печей по формуле:

$$N_{\text{печи}} = \frac{P_{\text{год}}}{P}$$

$$N_{\text{печи}} = \frac{12,0}{10,14} = 1,18$$

Принимаем одну вращающуюся печь длиной 90 м, производительностью 12 т/час.

### 6.1 Бункера

Бункерами называются хранилища для сыпучих и кусковых материалов емкостью до 100 м<sup>3</sup> и более. Большая часть бункеров пирамидальной или конической формы. Бункер над вращающейся печью, предназначен для хранения сырья, подаваемого на обжиг во вращающуюся печь.

Количество сырого магнезита, которое должно уместится в бункере:

$$Q_m = Q_{\text{час}} \cdot K \cdot \tau$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовая производительность печи, т/ч;  $K$  – расходный коэффициент;  $\tau$  – время запаса, ч.

$$Q_M = 10,14 \cdot 2,2 \cdot 8 = 178 \text{ т}$$

Необходимый объем бункера

$$V_6 = Q_M / (K_{\text{зап}} \cdot \delta_n),$$

где  $\delta_n$  – насыпная масса, т/м<sup>3</sup>.

$$V_6 = 178 / (0,8 \cdot 1,44) = 154 \text{ м}^3$$

Принимаем бункер с объемом 154 м. Размер разгрузочного отверстия зависит от максимальной крупности частиц материала и угла естественного откоса материала. Сторона выходного отверстия:

$$\alpha = K (D + 80) \cdot \text{tg} \alpha$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий сыпучесть материала,  $k = 2,4 \dots 2,6$ ;

$D$  – максимальный размер частиц, мм  $D=40$  мм,  $\alpha$  – угол естественного откоса материала,  $40^\circ$

$$\alpha = 2,4 - (40 + 80) \text{ tg} 40^\circ = 0,252 \text{ м}$$

Стороны бункера принимаем равными 3 м, т.е.  $l_1 = l_2 = 3 \text{ м}$ .

Высота бункера  $h_2$  рассчитывается по формуле:

$$h_2 = \frac{l_1 - \alpha}{2} \cdot \text{tg} \alpha$$

$$h_2 = \frac{3 - 0,25}{2} \cdot \text{tg} 40 = 2,1 \text{ м}$$

Расчет высоты

$$h_1 = \frac{\sqrt{\frac{l_1^2 - \alpha^2}{3}} \cdot (\alpha^2 + l_1 + l_2 + \sqrt{\alpha^2 \cdot l_1 \cdot l_2})}{l_1 \cdot l_2}$$

$$h_1 = \frac{154 - \frac{1}{3} \cdot (0,25^2 + 3 \cdot 3 + \sqrt{0,25^2 \cdot 3 \cdot 3})}{9} = 5,9 \text{ м}$$

Принимаем сырьевые бункеры со следующими размерами:

$l_1 = l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $\alpha = 0,25 \text{ м}$ ,  $h_2 = 2,1 \text{ м}$ ,  $h_1 = 5,9 \text{ м}$ .

Отгрузочные бункера используют для хранения готовой продукции, которая затем отгружается в железнодорожные вагоны. Количество периклазового порошка, которое должно уместиться в бункере  $Q_m = Q_{\text{смен}} \cdot K$  где  $Q_{\text{смен}}$  – суточная отгрузка порошка, т/ч ;  $K$  – расходный коэффициент

$$Q_{\text{сут}} = 10000/365 = 27,4 \text{ т}$$

$$Q_{\text{смч}} = 27,4 / 2 = 13,7 \text{ т}$$

$$Q_{\text{м}} = 13,7 \cdot 2,2 = 30,14 \text{ т}$$

Необходимый объём бункера:

$$V_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{м}}}{K_{\text{зап}} \cdot \delta_{\text{н}}} = \frac{30,14}{0,8 \cdot 1,44} = 26 \text{ м}^3$$

где  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент заполнения бункера;  $\delta_{\text{н}}$  – насыпная масса, т/м<sup>3</sup>.

Принимаем объём бункера 30 м<sup>3</sup>.

Сторона выходного отверстия

$$a = K \cdot (0+80) \cdot \text{tg}\alpha$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий сыпучесть материала;  $k = 2,4 \dots 2,6$ ;  $d$  – максимальный размер частиц,  $d = 8 \text{ мм}$ ;  $\alpha$  – угол естественного откоса материала,  $40^\circ$ .

$$a = 2,5 \cdot (8+80) \cdot \text{tg}40 = 0,18 \text{ м}$$

Стороны бункера принимаем равными 4 м.

Высота бункера  $h_2$  рассчитывается по формуле:

$$h_2 = \frac{l_1 - a}{2} = \text{tg}\alpha$$

$$h_2 = \frac{4 - 0,18}{2} \cdot \text{tg}40 = 3,6$$

Расчет высоты  $h_1$ :

$$h_1 = \frac{V_{\text{в}} - \frac{1}{3} \cdot h_2 \cdot (a^2 + l_1 + l_2 + \sqrt{a^2 \cdot l_1 \cdot l_2})}{l_1 \cdot l_2}$$

$$h_1 = \frac{154 - \frac{1}{3} \cdot 2,4 \cdot (0,18^2 + 4 \cdot 4 + \sqrt{0,18^2 \cdot 4 \cdot 4})}{4 \cdot 4} = 5,6 \text{ м}$$

Принимаем 1 отгрузочный бункер со следующими размерами:

$$l_1 = l_2 = 4 \text{ м}, \alpha = 0,18 \text{ м}, h_2 = 3,6 \text{ м}, h_1 = 5,6 \text{ м}.$$

## 6.2 Расчёт силосов

Объём одного силоса  $V_{\text{сил}} = 400 \text{ м}^3$ ;

Объём материала в силосе с учетом коэффициента заполнения

$$V_m = V_c \cdot K = 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ м}^3$$

Количество материала в силосе с учетом насыпной массы:

$$Q = V_m \cdot \delta_n = 320 \cdot 1,44 = 461 \text{ т}$$

где  $\delta_n$  – насыпная масса, т/ м<sup>3</sup>; Производительность печи – 10,14 т/ч

Коэффициент запаса – 2 суток

Необходимое количество силосов рассчитано по формуле:

$$N = \frac{P \cdot K \cdot 24}{Q}$$

$$N = \frac{10,14 \cdot 2 \cdot 24}{461} = 1 \text{ шт}$$

Принимаем один силоса объемом 400 м<sup>3</sup>, диаметром 6 м и высотой 15 м.

### 6.3 Выбор ленточного конвейера

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

Технические характеристики ленточного конвейера указаны в таблице 6.

Таблица – 7 Технические характеристики ленточного конвейера

Параметры	Значения
1. Ширина ленты, мм	500
2. Длина (расстояние между центрами приводного и натяжного барабанов), мм	до 165000
3. Угол наклона, град.	
4. Номинальная производительность, м /час:	63...200
а) для желобчатой роликоопоры	25...88
б) для прямой роликоопоры	
5. Диаметр приводного барабана, мм	245...630
6. Диаметр натяжного (неприводного) барабана, мм	245...500
7. Тип ленты:	БКНЛ-65
а) количество прокладок, шт	1...5
б) толщина рабочей откладки, мм	2...3
8. Скорость движения ленты, м/сек.	0,63...2,0 9
9. Диаметр ролика, мм	
10. Расстояние между роликами, м:	
а) рабочей ветви	0,8...1,5
б) холостой ветви	2,0...3,0
11. Электродвигатель:	4А
а) тип 1,5...30 220; 380	1,5...30
б) мощность, кВт	3
в) напряжение сети, В	380
12. Редуктор: а) тип	1Ц2У, 1Ц3У
б) передаточное отношение	1 0 ...40
в) межцентровое расстояние	160...355
13. Натяжное устройство: а) тип	Винтовое
б) ход натяжки	320 800

По производительности на данном технологическом потоке необходимо 2 ленточных конвейера.

## 5.4 Выбор дозатора

Для более точного дозирования по массе устанавливаются весовые дозаторы. В огнеупорной промышленности применяются две группы автоматических весов: периодического и непрерывного действия. Для непрерывной подачи концентрата в печь принимаются весовые дозаторы непрерывного действия типа КДНД «Кондор–2». Основной частью такого автоматического дозатора непрерывного действия, является ленточный транспортер, который может поворачиваться вокруг опоры. Транспортер приводится в действие электродвигателем, через редуктор, устанавливаемый на конце транспортера, другой колеи которого соединен с весами. Дозируемый материал подается на ленту электровибрационным питателем. Масса материала на ленте транспортера уравнивается грузом. Груз перемещающимся по коромыслу весов, которое соединено с питателем и электрическим регулятором. В случае, недостаточного поступления материала на транспортер, левый его конец и соединенное с ним коромысло весов поднимаются кверху. При этом регулятор воздействует на питатель, и подача дозируемого материала на ленту увеличивается вплоть до восстановления равновесия коромысла. В случае избытка дозируемого материала на ленте левый конец качающегося транспортера опускается, и подача материала уменьшается описанным выше способом [2].

Количество дозаторов определяется по количеству основных агрегатов. В проекте 1 печь, следовательно, на печь устанавливается два дозатора (один рабочий, другой резервный). Технические характеристики дозатора приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики дозатора

Наименование	Характеристики
Габаритные размеры (Д*Ш*В)	2935x1320x710
Производительность, т/ч 40	0,5

Окончание таблицы 8

Наименование	Характеристики
Погрешность дозирования, %	40
Наибольшая насыпная масса дозируемого материала, т/м <sup>3</sup>	3
Слой дозируемого материала, мм	10...75
Скорость конвейерной ленты, м/с	0,42-0,46

Вибропитатель ПЭВ–500/300 x 1600–30 с блоком управления БУВН–1Т.

### 6.5 Расчет дозатора

Производительность:

$$Q = b \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot \psi \text{ кг/с}$$

где  $b$  – ширина слоя материала на ленте (ширина ленты), м;  $h$  – толщина слоя материала на ленте, м;  $v$  – скорость движения ленты, м/с;  $\rho$  – насыпная плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коэффициент заполнения;  $\psi = 0,5–0,9$ ;

$$Q = 1,0 \cdot 0,075 \cdot 0,42 \cdot 1440 \cdot 0,9 = 40,8 \text{ кг/сек}$$

Мощность, расходуемая на перемещение материала

$$N_1 = W \cdot (m_0 \cdot v + Q \cdot L_r) \cdot g, \text{ Вт}$$

где  $W$  – коэффициент сопротивления перемещению нагруженной ленты;  $W = 0,02 \dots 0,06$ ;  $m_0$  – масса ленты, кг = 13;  $L_r$  – горизонтальная проекция ленты, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$$N_1 = 0,06 \cdot (13 \cdot 0,42 + 40,8 \cdot 2,94) \cdot 9,8 = 74,0 \text{ Вт}$$

3. Мощность, расходуемая на преодоление трения корма о стенки желоба

$$N_2 = h^2 \cdot l \cdot \rho \cdot g \cdot f \cdot v \cdot \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg} \theta}, \text{ Вт}$$

где  $l$  – длина желоба, м = 2,5 м;  $f$  – коэффициент трения материала о желоб;  $f = 0,4–1,0$ ;  $\theta$  – угол естественного откоса материала, 40°;

$$N_2 = (0,075)^2 \cdot 2,5 \cdot 1440 \cdot 9,8 \cdot 1,0 \cdot 0,42 \cdot \frac{\cos 40}{\operatorname{tg} 40} = 76,0 \text{ Вт}$$

Мощность привода ленточного дозатора

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \text{ Вт}$$

$\eta$  – КПД передачи привода;  $\eta = 0,8 \dots 0,9$

$$N = (74 + 76) / 0,9 = 167 \text{ Вт} = 0,17 \text{ кВт}$$

## 6.6 Выбор элеватора

Элеваторы 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. В дипломном проекте предусматривается использование одного элеватора типа ЛГ–250, характеристика которого приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Элеватор ЛГ–250

Наименование	Показатели
Тип элеватора	ЛГ – 250
Тип ковша	С глубоким цилиндрическим днищем
Высота, мм	15783
Ширина ковша, мм	250
Шаг ковшей, мм	400
Емкость ковша, л	3,2
Производительность, м /ч	17–28
Мощность электродвигателя , кВт	10
Скорость движения ковшей, м/сек	1–1,6

Необходимое количество элеваторов рассчитаем по формуле:

$$N = \frac{Q_{\text{год}}}{Q_{\text{эл}} \cdot K \cdot 365 \cdot 24}$$

$$N = \frac{100000}{28 \cdot 0,91 \cdot 365 \cdot 24} = 0,45 \text{ шт.},$$

где  $Q_{\text{год}}$  – требуемая годовая производительность, т/год;  $Q_{\text{эл}}$  – производительность элеватора, т/ч;  $K$  – коэффициент использования оборудования.

Принимаем один элеватор, устанавливаемый в отделении дробления.

## 6.7 Выбор дробилки

В настоящее время для дробления свар применяют коротко-конусные дробилки мелкого дробления типа КМД – 1200 – Т (для тонкого дробления), имеющую амортизацию и гидравлическое регулирование разгрузочной щели.

Основные параметры и размеры дробилки зависят от требований, предъявляемых к крупности (фракций) конечного продукта дробления, поэтому дробилки можно использовать как открытой (для получения готовой продукции), так и в замкнутом цикле (в многостадийных технологических процессах) [2].

Исходя из непрерывности технологий описанной ранее, дробилку предусматривается использовать в замкнутом цикле с грохотом. Предусмотренной конструкцией возможность регулирования разгрузочной щели, позволяет получить, как правило, близкий к характеристике продукт - что, несомненно, является значительным преимуществом конусной дробилки. Действие дробилки основано на принципе излома, раздавливания и частичного истирания между конусами, вращающимися эксцентрично по отношению друг к другу. Дробление происходит в течение всего оборота внутреннего конуса.

Таким образом, когда подвижный конус приближается к неподвижному, материал сжимается и дробится до размера калибровочной щели, а в период отхода конуса (брони) ранее раздробленный материал под действием собственного веса будет разгружаться через противоположную разгрузочную щель [2]. Технические характеристики дробилки КМД – 1200–Т приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Техническая характеристика дробилки типа КМД–1200–Т

Наименование	Показатели
Тип дробилки	КМД–1200–Т

Окончание таблицы 10

Наименование	Показатели
Габариты основания, мм	2180x2180
Высота, мм	3400
Ширина загрузочного отверстия (щели), мм	50
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	27–50
Вес дробящего конуса, т	3,327
Масса дробилки, т	21
Ширина разгрузочного отверстия, мм	3–13

Находим необходимое количество дробилок по формуле:

$$N = \frac{Q_{\text{печи}} \cdot n}{Q_{\text{дроб.}} \cdot k \cdot \rho}$$

где  $Q_{\text{печи}}$  – часовая производительность печи, т/ч;  $Q_{\text{дроб.}}$  – часовая производительность дробилки, т/ч;  $k$  – коэффициент использования дробилки;  $n$  – Количество печей, шт;  $\rho$  – насыпная масса порошка 1,45т/м<sup>3</sup>.

Принимаем для дробления обожжённого порошка одну конусную дробилку КМД 1200–Т.

### 6.8 Валковая дробилка

Для дробления свар также используется валковая дробилка. Измельченные частицы среднего и крупного размера, проходят через отверстия, ширину отверстий можно регулировать. Каждый ролик движется с помощью электропривода, скорость регулируется в пределах 160... 185 об/мин.

Технические характеристики валковой дробилки СМК – 83 приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики валковой дробилки СМК – 83

Наименование	Показатели
Дробление	Тонкое
Конструкция валков	Гладкие
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	25
Диаметр	1000
Длина	700
Скорость вращения валков, об/мин	160/185
Мощность электродвигателя, кВт	22/30
Габаритные размеры	3,8x3,2x1,2

Преимущества роликовой дробилки:

1. Большие куски клинкера не застревают в дробилке, так как измельчающие кольца "отщипывают" от больших кусков и постепенно измельчают их;
2. Низкая центробежная скорость роликов;
3. Потребляет меньше электроэнергии и уменьшает износ валков и выброс пыли;
4. Измельченный клинкер имеет точный зерновой состав;
5. Зубья роликов имеют закаленную поверхность, что увеличивает срок службы, кольца взаимозаменяемые [2].

$$N = \frac{Q_{\text{печи}} \cdot n}{Q_{\text{дроб.}} \cdot K \cdot \rho} = \frac{10,14 \cdot 1}{25 \cdot 1,45 \cdot 0,91} = 0,3 \text{ шт.}$$

Принимаем для дробления обожженного порошка одну валковую дробилку.

### 6.9 Расчет количества грохотов

Для разделения обожженного магнезита на фракции в настоящее время применяют грохота типа ГИЛ–32 (Г–грохот, И – инерционный, Л–легкого типа; первая цифра за буквами указывает на ширину грохота в миллиметрах, а вторая цифра означает число сит, то есть 2 с полиуретановым ситом в том месте, где свары, пройдя стадию дробления и просева, возвращаются обратно в бункер

дробилок (отказ). Полиуретановые сетки имеют срок службы в 3–4 раза больше, чем стальные. Характеристика грохота ГИЛ–32 приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристика грохота ГИЛ–32

Наименование	Показатели
Размеры сит, мм	1250x3000
Количество сит, шт	2
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	60
Масса, т без электропривода	1750
Габаритные размеры, мм	3400x1850x1200

Подсчитываем количество грохотов, необходимых для потока отсева порошков:

$$N = \frac{Q_{\text{год}}}{n \cdot \tau \cdot k \cdot q_{\text{час}}}$$

Где  $Q_{\text{год}}$  – заданная годовая производительность грохота, т/год;  $q_{\text{час}}$  – часовая производительность грохота, т/ч;  $k$  – коэффициент использования оборудования;  $n$  – число дней в году;  $\tau$  – количество часов в сутках, ч;

$$N = \frac{100000}{365 \cdot 24 \cdot 0,91 \cdot 31} = 0,4 \text{ шт}$$

Таким образом, устанавливаем один грохот ГИЛ–32, разделяющий подаваемый порошок на фракции 8–0 и более 8мм. Порошок состоит приблизительно из 10–25 % фракции 1–0 и из 75–90 % фракции 8–1 мм. Для отсева порошка на фракции 8–1, 1–0 мм потребуется еще один грохот.

#### 6.10 Техническая характеристика циклона

Большим недостатком вращающихся печей по обжигу магнезита является значительный пылеунос и высокая температура отходящий газов (до 900 °С). Отходящее тепло утилизируют в котлах утилизаторах, а очистку газов от пыли осуществляют в газоочистительных установках, для этого используют циклоны и

электрофилтры. Технические характеристики циклона, электрофилтра, котла утилизатора приведены в таблицах 12; 13; 14.

Таблица 12 — Техническая характеристика циклона ЦН – 24

Наименование	Показатели
Общая высота циклона, мм	6985
Количество элементов в группе, шт	6
Количество групп в циклоне, шт	1
Диаметр выхлопной трубы циклонного элемента, мм	720
Угол наклона входного патрубка циклонного элемента	24°
Количество поступающих дымовых газов, м /ч.	191 – 198
Количество отходящих дымовых газов, м /ч.	182,5
Коэффициент сопротивления, $\xi^p$	60

Степень улавливания пыли в циклоне ( $p$ ) зависит, помимо свойств пыли, от диаметра циклона, от скорости газа  $\omega_{ц}$ , то есть от отношения  $\Delta p/p_2$ . На печи установлено по две батареи циклонов по 6 штук в каждой батарее. Коэффициент полезного действия циклонов составляет 75–80 %. Уловленная пыль собирается в небольших бункерах под циклонами (8 бункеров на печи), из которых пыль ячейковыми питателями подается на шнеки и транспортируется далее этими шнеками.

Таблица 13 — Техническая характеристика электрофилтра УГ 2–4–37

Наименование	Показатели
Количество секций в электрофилтре, шт	2
Количество полей в каждой секции, шт	4
Площадь сечения активной зоны электрофилтра, м	37
Количество осадительных электродов в одном поле, шт	22
Расстояние между осадительными электродами, мм	275
Количество коронирующих электродов в одном поле, шт	21

Окончание таблицы 14

18.03.01.2018.861.00.00.	Лист
	40

Наименование	Показатели
Количество дымовых газов, поступающих в электрофильтры, тыс. м <sup>3</sup> /ч.	238–250
Фактическая температура газов в электрофильтре, °С	150–180
Запыленность, г/м	0,24
Количество уловленного продукта, т/ч	3960
Скорость газа, м/с	0,7

Таблица 15 – Технические характеристики котла утилизатора КУ–125

Наименование	Показатели
Температура газов, поступающих в котел, °С,	не более 500–600
Проектная производительность по пару, т/ч	40,8
Максимальное давление перегретого пара в барабане, атм	45
Температура перегретого пара, °С	400
Количество дымовых газов перед котлом, м /ч	125000
Сопротивление котла по газу, мм вод.ст.	105–115

Таблица 16 – Техническая характеристика дымососа ГД 20–500 У–Т

Наименование	Показатели
1. Производительность, м /час	200000
2. Максимально допустимая температура газов перед дымососом, °С	400
3. Рабочая температура газов, °С	300
4. Полное давление при 300°С, МПа	57
5. Диаметр рабочего колеса, мм	2000
6. Скорость вращения рабочего колеса, об/мин	1000
7. Мощность на валу электродвигателя, кВт	390

Таким образом, для обеспечения заданной годовой производительности по проекту необходимо следующее оборудование (таблица 16).

Таблица 17 – Сводная таблица используемого оборудования

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Потребляемая мощность,	кВт
Печь вращающаяся	1	200	200
Приемный бункер	2	-	-
Дозатор «Кондор-2»	1	6,44	13
Электрофильтр	8	-	-
Ленточный конвейер	2	5,5	11
Конусная дробилка КМД 1	1	75	75
Элеватор ЭЛГ-250	2	10	20
Грохот ГИЛ-32	2	5,5	11
Валковая дробилка	1	30	30
Дымосос	1	1000	1000
ИТОГО			1147

Таким образом, для производства спеченных периклазовых порошков в количестве 100000 т/год необходимо следующее оборудование: вращающиеся печи – 1 шт; грохоты – 2 шт; конусная дробилка – 1шт; валковая дробилка – 1 шт; А также вспомогательное оборудование: ленточные конвейеры – 2, бункеры готовой продукции –1 шт; бункеры сырья – 1 шт; дозатор – 1шт, циклон – 2 шт.;

## 7 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 7.1 Расчет теплового баланса печи

Влажность сырого магнезита 0,3%. Размеры печи 3,6×90.

Производительность печи 9,4 т/ч.

Таблица 18—Химический состав шихты магнезита Саткинского месторождения, %.

MgO	CaO	FeO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	ППП и др.примеси
46,0	1,2	1,6	1,0	52

Приход тепла

1 Находим химическое тепло от горения топлива:

$$Q_{\text{гор}} = Q_{\text{н}} \cdot V \text{ кВт},$$

где  $V$  — расход топлива,  $\text{нм}^3/\text{сек}$ ;  $Q_{\text{н}}$  — тепло сгорания топлива;  $Q_{\text{н}} = 34830,7$   $\text{кДж}/\text{нм}^3$ ;  $V$  — расход топлива,  $\text{нм}^3/\text{час}$

$$Q_{\text{гор}} = 34830,7 \cdot V = 34830,7V \text{ кВт}.$$

2 Тепло вносимое подогретым воздухом

$$Q_{\text{возд}} = 4,187L\alpha \cdot i_{\text{воз}} \cdot V = 4,187 \times 11,1 \times 265,1 \cdot V = 12320V \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{гор}} + Q_{\text{воз}} = 34830,7V + 12320V = 47150,7V \text{ кВт}$$

Расход тепла

3 Находим расход тепла на нагрев материала по формуле

$$Q_{\text{м}} = P(c_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} - C_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}}) = 2,61 \cdot 1,317 \cdot 1500 - 5,43 \cdot 0,947 \cdot 20 = 5053 \text{ кВт}$$

где  $t_{\text{к}} = 1500^{\circ}$  — температура сырья при выходе из печи;  $P$  — производительность печи по сухому материалу,  $\text{кг}/\text{сек}$ ;  $C_{\text{к}} = (0,942 + 0,00025 \cdot 1500) = 1,317$   $\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$   $t_{\text{н}} = 20^{\circ}$ ;

$$C_{\text{н}} = (0,942 + 0,00025 \cdot 20) = 0,947 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$$

$$P_{\text{с}} = \frac{100}{100-52} P = 2,08P = 5,43 \text{ кг}/\text{сек}$$

Секундная производительность печи:

$$P = \frac{9400}{3600} = 2,61 \text{ кг}/\text{сек}$$

#### 4 Находим расход тепла на испарение влаги

Принимаем относительную влажность материала  $\omega=3\%$ , количество испаряемой влаги находим по формуле:

$$\omega_{\text{вл}} = \frac{\omega_a}{100} = P_c \frac{\omega}{100-\omega} = 5,43 \frac{0,3}{100-0,3} = 0,016 \text{ кг/сек}$$

При температуре уходящих газов  $t_{\text{yx}} = 650^{\circ}$  находим расход тепла на испарение перегрев влаги до температуры уходящих газов

$$Q_{\text{исп}} = (2500 - 4,2 \cdot t_{\text{н}}) \cdot \omega_{\text{вл}} = (2500 + \frac{1058,9}{0,804} - 4,2 \cdot 20) \cdot 0,016 = 60 \text{ кВт},$$

где 1058,9 – теплосодержание водяных паров при  $t_{\text{yx}} = 650^{\circ}$ .

#### 5 Рассчитаем расход тепла на спекание материала.

$$q_x = C_c^T (17 \cdot \text{MgO} + 29,64 \cdot \text{CaO}) - 285$$

$$C_c^T = \frac{P_c}{P} = \frac{5,43}{2,61} = 2,08 \text{ кг/кг}$$

$$q_x = 2,08(17,0 \cdot 46 + 29,64 \cdot 1,2) - 285 = 1415 \text{ кДж/кг}$$

#### 6 По формуле находим расход тепла на химические реакции

$$Q_{\text{хим}} = q_x \cdot G_x = 1415 \cdot 2,61 = 3693 \text{ кВт}.$$

Потери тепла с уходящими продуктами разложения

7 Находим потери тепла с уходящими продуктами разложения при  $t_{\text{yx}} = 200^{\circ}$ .

$$Q_{\text{дис}} = 0,01 \cdot P_c (0,4 \text{ CaO} + 0,553 \text{ MgO}) \cdot i_{\text{co}_2} = \\ 0,01 \cdot 5,43 (0,4 \cdot 1,2 + 0,553 \cdot 46,0) \cdot 1343,4$$

#### 8 Потери тепла с пылью, уносимой с продуктами горения

Принимаем общий унос сухого материала 15%, из него 8% возвращается в печь при температуре  $70^{\circ}$ . Степень полноты декарбонизации уноса принимаем  $\beta=50\%$ .  $C_{\text{ун}}$  -теплоемкость уносимой пыли 1,06кДж/кг·град

$$G_{\text{ун}} = P_c \cdot \frac{\alpha_{\text{ун}}}{100} (1 - \frac{\text{п.п.п}}{100} \cdot \beta) = 5,43 \cdot \frac{15}{100} (1 - 0,5 \frac{52}{100}) = 0,6 \text{ кг/сек}$$

Возвращается обратно в печь

$$G_{\text{ун}}' = 0,8 \cdot 0,6 = 0,48 \text{ кг/сек}$$

$$Q_{\text{ун}} = G_{\text{ун}} \cdot C_{\text{ун}} \cdot t_{\text{газ}} = 0,6 \cdot 1,06 \cdot (700 - 20) - 0,48 \cdot 1,06 \cdot 50 = 407 \text{ кВт}.$$

9 Расход тепла на декарбонизацию и дегидратацию уноса, выбрасываемого в атмосферу составляет:

$$Q_{\text{ун}}^{\text{д}} = G_{\text{ун}}^{\text{с}} (17,0 \cdot \text{MgO} + 29,64 \cdot \text{CaO}) = 0,2 \cdot 0,6 \cdot (17,0 \cdot 46,0 + 29,64 \cdot 1,2) = 98,1 \text{ кВт.}$$

10 Продукты дегазации уноса, уходящие с дымовыми газами

$$Q_{\text{ух}}^{\text{yh}} = 0,1 \cdot 0,5 Q_{\text{дис}} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 1822 = 91,1 \text{ кВт}$$

11 Общие потери тепла с уносом составляют:

$$Q_{\text{ух}}^{\text{об}} = 407 + 98,1 + 91,1 = 596,2 \text{ кВт}$$

12 Потери тепла с уходящими продуктами горения

$$Q_{\text{дым}} = V \cdot V_{\alpha}; V_{\alpha} = 12,1 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

13 Теплосодержание уходящих дымовых газов при  $t_{\text{ух}} = 650^{\circ}$ ,  
 $i_{\text{дым}} = 1025 \text{ кДж/нм}^3$ .

14 Определяем потери тепла с уходящими продуктами горения

$$Q_{\text{дым}} = V_{\text{дым}} \cdot i_{\text{дым}} = 12,1 \cdot 1025 = 12402,5 \text{ кВт}$$

15 Потери тепла через кладку в окружающую среду.

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 хроммагнезит ХП и шамотный кирпич ПШЦ; в зонах более низких температур – шамотный кирпич ПШЦ. Для подсчета общих тепловых потерь печь по длине разбивают на отдельные участки.

Рассмотрим расчет потерь тепла в окружающую среду для зоны подогрева. Средняя температура на рассматриваемом участке внутренней поверхности футеровки может быть определена по температурной кривой обжига [5].

Участок печи с  $t = 800^{\circ}\text{C}$  (участок подогрева). Футеровка из ПШЦ, толщиной  $s = 230 \text{ мм}$ , температура окружающего воздуха  $t_{\text{воз}} = 20^{\circ}\text{C}$ . В данном, случае для печи отношение наружного диаметра к внутреннему меньше двух, т.е.

$$\frac{D_{\text{н}}}{D_{\text{в}}} = \frac{3,6}{2,14} = 1,15$$

поэтому расчет можно вести как для плоской стенки.

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

Определим тепловое сопротивление слоя, задаваясь средними температурами  $t_{cp}=0,8 \cdot 800=640$  °С. Коэффициент теплопроводности для ПШЦ,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda_1=0,51$ Вт/м·град, для стали  $\lambda_2 = 47$  Вт/м·град

$$\frac{S_1}{\lambda_1} = \frac{0,23}{0,52} = 0,442 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт};$$

$$\frac{S_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{47} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт};$$

$$\sum \frac{S}{\lambda} = 0,442 + 0,001 = 0,443 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт};$$

Для  $t = 800^0$  и  $\sum \frac{S}{\lambda} = 0,443 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$

16 Находим температуру наружной поверхности корпуса  $t = 100^0$ , потери тепла  $q_{окр}=1,25$  кВт/м<sup>3</sup>

Участок печи (обжига) с температурой  $1700$  °С. Футеровка из ХМ толщиной 230 мм. Температура окружающего воздуха  $t_{возд} - 20$  °С.

Определим тепловые сопротивления слоев, задаваясь средними температурами

$$t_{cp1} = 0,8 \cdot 1700 = 1360 \text{ °С}, t_{cp2} = 0,5 t_{cp1} = 0,5 \cdot 1360 = 680 \text{ °С}.$$

Коэффициент теплопроводности для ХМ  $\lambda_1 = 1,4$ Вт/м·град, для стали

$$\lambda_2 = 47 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

$$\frac{S_1}{\lambda_1} = \frac{0,23}{1,4} = 0,164 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$$

$$\frac{S_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{47} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$$

$$\sum \frac{S}{\lambda} = 0,164 + 0,001 = 0,165 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$$

Для  $t = 1700^0$  и  $\sum \frac{S}{\lambda} = 0,165 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$  находим температуру наружной поверхности корпуса  $t^0 = 225^0$  С, потери тепла  $q_{окр} = 5,0$  кВт/м<sup>3</sup>

Теплоотдающая поверхность корпуса равна:

$$F = \pi \cdot 3,6 \cdot 90 = 1017 \text{ м}^3$$

Тогда

$$Q_{окр} = (1,25 + 5,0) / 2 \cdot 1017 = 3178 \text{ кВт}.$$

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

$$Q_{\text{неучт}} = 0,02 \cdot Q_{\text{н}} \cdot V = 0,02 \cdot 34830,7 \cdot V = 696,6 \cdot V \text{ кВт.}$$

Составим уравнение теплового баланса и определим расход топлива

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{гор}} + Q_{\text{возд}} = 34830,7V + 12320V = 47150,7V$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{м}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{хим}} + Q_{\text{дис}} + Q_{\text{ух}} + Q_{\text{дым}} + Q_{\text{окр}} + Q_{\text{неуч}} = 5053 + 60 + 3693 + 1822 + 596,2 + 12402V + 3178 + 696,6V = 14402 + 13098,6V$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$$

$$47150,7V = 14402 + 13098,6V$$

$$V = 0,423 \text{ м}^3 / \text{сек}$$

Результаты расчетов теплового баланса сведены в таблицу.

Таблица 19 – Таблица теплового баланса

Наименование статьи	Количество тепла		
	кВт	Кдж/кг	%
<u>Приход тепла:</u>			
1. Тепло горения топлива $Q_{\text{гор}} = 34830,7V$	14733	1060	73,9
Физическое тепло воздуха $Q_{\text{возд}} = 12320V$	5211	375	26,1
Всего	19944	1435	100%
<u>Расход тепла</u>			
1. Нагрев материала $Q_{\text{мат}}$	5053	364	25,3
2. Испарение влаги $Q_{\text{исп}}$	60	4,3	0,3
3. Тепло клинкерообразования $Q_{\text{хим}}$	3693	266	18,5
4. Потери с уходящими продуктами разложения $Q_{\text{дис}}$	1822	131	9,1
5. Потери тепла с уносом $Q_{\text{ун}}^{\text{об}}$	596	43	3,0
6. Потери тепла с уходящими продуктами горения $Q_{\text{дым}} = 12402$	5246	377	26,3

Окончание таблицы 19

Наименование статьи	кВт	КДж/кг	%
7. Потери тепла в окружающую среду $Q_{окр}$	3178	299	16,0
8. Неучтенные потери $Q_{неуч} = 696,6$	295	21	1,5
Невязка	1	- 0,3	
ИТОГО	19944	1435	100,0

Часовой расход составляет  $V' = 0,423 \cdot 3600 = 1523 \text{ нм}^3 / \text{ч}$

Удельный расход тепла, внесенного топливом

$$q = \frac{V \cdot Q_H}{P} = \frac{1523 \cdot 34830,7}{100000} = 530,5 \text{ кДж/кг}$$

Определим удельный расход условного топлива,

где 34830,7 –теплота сгорания топлива, кДж/м<sup>3</sup>; P–производительность печи, кг/с

$$q = \frac{530,5 \cdot 100}{100000} = 0,53 \text{ кг условного топлива или } 53\%$$

## 7.2 Расчет горения топлива

Для расчета теплового баланса топлива берем месторождение природного газа Березовское Ханты-Мансийского АО.

Таблица 20 – Состав сухого воздуха

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Итого
94,8	1,2	0,3	0,2	0,5	3	100

Принимаем  $\alpha = 1,20$  ; Воздух идущий для горения 800<sup>0</sup> С, содержание влаги 1%.

7.2.1 Пересчитаем химический состав газа с учетом влаги:

$$CH_{4(вл)} = CH_{4(сух)} = \frac{100 - W}{100} = CH_4 \cdot 0,99 = 93,8$$

7.2.2 Пересчитаем процентное соотношение с учетом влаги

C<sub>2</sub> H<sub>6</sub> = 1,13% ; CO<sub>2</sub> = 0,47%

C<sub>3</sub> H<sub>8</sub> = 0,3% ; N<sub>2</sub> = 2,8%

C<sub>4</sub> H<sub>10</sub> = 0,2% ; H<sub>2</sub> O = 1%

### 7.2.3 Определяем теплоту сгорания газа

$$Q_H = 358,2C_{H_4} + 637,5 C_2 H_6 + 912,5C_3 H_8 + 1186,5C_4 H_{10} = 34830 \text{ кДж/нм}^3$$

### 7.2.4 Определяем теоретически необходимое количество сухого воздуха

$$L_0 = 0,0476 (2C_{H_4} + 3,5C_2 H_6 + 5C_3 H_8 + 6,5C_4 H_{10}) = \\ = 0,0476 (187,6 + 3,9 + 1,5 + 1,3) = 9,25 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

7.2.5 Принимаем влагосодержание атмосферного воздуха  $\alpha$  10г/кг сухого воздуха и находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности:

$$L_0^1 = 1,016 \cdot L_0 = 1,016 \cdot 9,25 = 9,4 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

7.2.6 Находим действительно е количество воздуха при коэффициенте расхода  $\alpha = 1,20$

а) сухого воздуха  $L_a = \alpha \cdot L_0 = 1,20 \cdot 9,25 = 11,1 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$

б) атмосферного воздуха:  $L_a^1 \cdot L_0^1 = 1,20 \cdot 9,4 = 11,28 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$

### 7.2.7 Определяем количество и состав продуктов горения при $\alpha = 1,2$

$$V_{CO_2} = 0,01(CO_2 + CH_4 + 2C_2 H_6 + 3C_3 H_8 + 4C_4 H_{10}) = 0,01(0,47 + 93,8 + 2,26 + 0,9 + 0,8) = 0,97 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,01(2CH_4 + 3C_2 H_6 + 4C_3 H_8 + 5C_4 H_{10} + H_2 O + 0,16A L_a) = \\ = 0,01(187,6 + 3,4 + 1,2 + 1 + 1 + 2,13) = 1,95 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

$$V_{N_2} = 0,79L_a + 0,01N_2 = 8,77 + 0,028 = 8,79 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

$$V_{O_2} = 0,21(A-1)L_0 = 0,21(1,2-1) \cdot 9,25 = 0,4 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

7.2.8 Общее количество продуктов горения составляет:

$$V_a = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} = 0,97 + 1,95 + 8,79 + 0,4 = 12,1 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3$$

7.2.9 Определяем процентный состав продуктов горения:

$$CO_2 = \frac{0,97 \cdot 100}{12,1} = 8,0\%; \quad N_2 = \frac{8,79 \cdot 100}{12,1} = 72,6\%$$

$$H_2O = \frac{1,95 \cdot 100}{12,1} = 16,1; \quad O_2 = \frac{0,4 \cdot 100}{12,1} = 3,3\%$$

Всего: 100%

Таблица 21 – Составляем материальный баланс процесса горения на  $100\text{нм}^3$  газа при  $\alpha=1,2$ .

Приход тепла	кг	Расход тепла	кг
Природный газ		Продукты горения	
$\text{CH}_4 \cdot \rho = 93,8 \cdot 0,714$	67,0	$\text{CO}_2 = 0,097 \cdot 100 \cdot 1,977$	191,8
$\text{C}_2 \text{H}_6 \cdot \rho = 1,13 \cdot 1,356$	1,5	$\text{H}_2 \text{O} = 1,95 \cdot 100 \cdot 0,804$	156,8
$\text{C}_3 \text{H}_8 \cdot \rho = 0,3 \cdot 2,020$	0,6	$\text{N}_2 = 8,79 \cdot 100 \cdot 1,251$	1099,6
$\text{C}_4 \text{H}_{10} \cdot \rho = 0,2 \cdot 2,840$	0,6	$\text{O}_2 = 0,4 \cdot 100 \cdot 1,429$	57,2
$\text{CO}_2 \cdot \rho = 0,47 \cdot 1,977$	0,9	Невязка	0
$\text{N}_2 \cdot \rho = 2,8 \cdot 1,251$	3,5		
$\text{H}_2 \text{O} \cdot \rho = 1 \cdot 0,84$	0,8		
Воздух			
$\text{O}_2 = 194,5 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	333,5		
$\text{N}_2 = 730,5 \cdot 1,2 \cdot 1,251$	1096,6		
$\text{H}_2 \text{O} = 0,18 \cdot 100 \cdot 0,804$	14,47		
ИТОГО	1519,5	ИТОГО	1519,5

7.2.11 Переведем  $\text{нм}^3$  в кг (умножив на  $\rho$ )

$$V \cdot \rho_{\text{CH}_4} = m_{\text{CH}_4}$$

$$V = 0,717 \cdot 12,1 = 8,67 \text{ кг}$$

$$V_{\text{O}_2} = L_0 \cdot 0,2 = 9,25 \cdot 0,2 = 1,85 \text{ кг}$$

$$M_{\text{O}_2} = 9,25 \cdot 0,21 \cdot 100 = 194,5 \text{ кг}$$

$$V_{\text{O}_2} = 194,5 \cdot 1,2 \cdot 1,429 = 333,5 \text{ кг}$$

$$M_{\text{N}_2} = 9,25 \cdot 0,79 \cdot 100 = 730,7 \text{ кг}$$

$$V_{\text{N}_2} = 730,5 \cdot 1,2 \cdot 1,251 = 1096,6 \text{ кг}$$

$$N_2^B = V_{\text{N}_2} = L_0 \cdot 100 \text{нм}^3 \cdot 0,79 = 9,25 \cdot 100 \cdot 0,79 = 730,75 \text{ кг}$$

$$P_{\text{N}_2} = 1,251 \cdot 730,75 \cdot 1,2 = 1097,0 \text{ кг}$$

7.2.12 Расход содержания влаги в воздухе составляет:

$$V = 11,28 - 11,1 = 0,18 \text{нм}^3 / \text{нм}^3$$

Количество влаги в воздухе :

$$M_{H_2O} = 0,18 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3 \cdot 100 \text{ нм}^3 \cdot P = 0,18 \cdot 100 \cdot 0,804 = 14,47 \text{ нм}^3$$

7.2.14 Рассчитаем продукты горения:

$$I_{\text{нм}} \text{ CO}_2 = M_{\text{CO}_2} \frac{1 \text{ нм}^3}{\text{нм}^3} \cdot 100 \cdot 1,977 = 197,7$$

$$M_{H_2O} = 1,95 \cdot 100 \cdot 0,804 = 156,78$$

$$V_{N_2} = 8,79 \cdot 100 \cdot 1,251 = 1099,63$$

$$V_{O_2} = 0,4 \cdot 100 \cdot 1,429 = 57,16$$

Невязка баланса составляет:

$$X = \frac{100}{1511,27} = 0,07\%$$

7.3 Предложения изменения в существующую технологию.

Снижение затрат топливно-энергетических ресурсов при обжиге магнезиальных материалов во вращающихся печах:

Применение комбинированной футеровки.

По данным теплового баланса для вращающейся печи до 35% тепла уходит через футеровку и корпус печи в окружающую среду. Снижение тепловых потерь по этой статье является актуальной задачей.

В настоящее время футеровка печи включает три зоны:

Первая зона выложена фасонными шамотными изделиями. На первую зону приходится 1,3 м от всей длины печи.

Вторая зона – изделия периклазохромитового состава (ПХЦ) толщиной 230 мм, участок 1,3 – 47,0 м.

Третья зона – изделия шамотно–уплотненные (ШЦУ) толщиной 160 мм, участок 47,0–90,0 м.

Комбинированная футеровка состоит из следующих материалов:

Зона 1 – без изменений.

Зона 2 – изделия периклазохромитового состава (ПХЦ) толщиной 200 мм рабочий слой;

Изделия шамотного состава толщиной 115 мм – теплоизоляционный слой;

Муллитокремнеземистый картон (МКРК) толщиной 25 мм – теплоизоляционный слой;

Зона 3 – изделия шамотные уплотненные (ШЦУ) толщиной 160 мм – рабочий слой;

Муллитокремнеземистый картон (МКРК) толщиной 25 мм – теплоизоляционный слой;

Применение комбинированной футеровки с высоким тепловым сопротивлением позволит:

1. Снизить тепловые потери в окружающую среду.
  2. Обеспечит повышение температур в рабочем пространстве печи.
- Расчет температур на границах слоев комбинированной футеровки.

При постоянном тепловом режиме тепловые потери составят:

$$Q = \frac{(t_g - t_г)F}{1/\alpha_g + S_1/\lambda_1 + S_2/\lambda_2 + S_3/\lambda_3 + S_4/\lambda_4 + 1/\alpha_г} \text{ ккал/ч,}$$

где  $t_g$  – температура дымовых газов, °С;  $t_г$  – температура окружающей среды, °С;  
 $F$  – площадь теплоотдачи, м<sup>2</sup>;  $\alpha_g$  – коэффициент теплопередачи от газов к футеровке, ккал/(м<sup>2</sup> час град);  $\alpha_г$  – коэффициент теплопередачи от поверхности печи в окружающую среду, ккал/(м<sup>2</sup> час град);  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  – коэффициенты теплопроводности гарнисажа, футеровки ХП, шамотных изделий, теплоизоляционного слоя муллитокремнеземистого картона МКРК, соответственно;  $S_1, S_2, S_3, S_4$  – толщины гарнисажа, футеровки ХП, теплоизоляционного слоя муллитокремнеземистого картона МКРК, соответственно.

Таблица 22 – Исходные данные для расчета.

Наименование материала	Зона применения, №	Теплопроводность, ккал/ч м град	Толщина, мм
Гарнисаж*	2	2,0	200
Изделия ХП состава	2	2,0	230

Окончание таблицы 22

Наименование материала	Зона применения, №	Теплопроводность, ккал/ч м град	Толщина, мм
Изделия ХП состава	2	2,0	200
ШБ	2	1,0	115
ШЦУ	3	1,0	160
Муллитокремнеземистый картон МКРК	2-3	0,186	
Температура дымовых газов средняя, °С	2	1567	
	3	946	
Температура окружающей среды, °С		15	

\* - гарнисаж образуется на рабочей поверхности футеровки ПХЦ при температуре свыше 1600 °С из магнезиального сырья с повышенным содержанием примесей.

## 2.1 Стандартная футеровка

Определим температуры на границах слоев футеровки и температуру корпуса печи. Тепловой поток :

$$Q = \frac{(1567 - 15)1}{1/50 + 0,2/2,0 + 0,23/2 + 1/15} = 5145 \text{ (ккал/ч)}$$

Температуру гарнисажа определим по формуле

$$t_1 = t_2 - Q \cdot \frac{1}{\alpha_2} = 1567 - 5145 \cdot \frac{1}{50} = 1464^\circ \text{C}$$

Определим температуры на границах остальных слоев футеровки:

а) гарнисаж - ПХЦ изделия :

$$t_2 = t_1 - Q \cdot \frac{S_1}{\lambda_1} = 1464 - 5145 \cdot \frac{0,2}{2} = 950^\circ \text{C}$$

б) ПХЦ изделия- обечайка печи

$$t_3 = t_2 - Q \cdot \frac{S_2}{\lambda_2} = 950 - 5145 \cdot \frac{0,23}{2} = 358^\circ \text{C}$$

Аналогично проводятся расчеты для всех участков футеровки. Расчетные данные приведены в таблице 3.

Таблица 23 – Тепловые потери через корпус печи через стандартную

футеровку

Зона	Длина	Футеровка	Толщина, мм	Коэффициент теплопроводности ккал/(ч м град)	Т° дымовых газов средняя, °С	Т° корпуса средняя, °С	Тепловой поток, ккал/ч м <sup>2</sup>
2	45,7	ПХЦ	230	2,0	1567	358	5145
3	43	ШЦУ	160	1,0	946	267	3774
Вс							8919

Таблица 24 – Тепловые потери через корпус печи с учетом предложенного изменения

Зона	Длина, м	Футеровка	Толщина, мм	Коэффициент теплопроводности ккал/(ч м, град)	Ср. t дымовых газов, °С	Т° корпуса ср., °С	Тепловой поток, ккал/ч м <sup>2</sup>
2	45,7	ПХЦ	200	2,0	1567	208	2895
		ШБ	115	1,0			
		МКРК	25	0,186			
3	43	ШЦУ	160	1,0	946	178	2443
Всего							5338

Из таблиц 23 и 24 видно, что тепловые потери снижаются на 40,2 % и расход природного газа снижается на 11,8 %.

## 8 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 8.1 Автоматизация дозатора непрерывного действия

Дозатор состоит из вибро лотка (2) с электровибратором (3) и весов.

Весы состоят из ленточного питателя (4), который тягой (5) соединен с коромыслом (6), на другом конце коромысла располагается груз (7).

Если питатель дает производительность меньше требуемой, то под действием груза (7) шток (8) будет перемещаться вниз и воздействовать на датчик (9), который через блок автоматики (10) дает команду на повышение напряжения в обмотке электромагнита (3) и частота колебаний, а, следовательно, и амплитуда лотка (2) увеличивается.

Если дозатор работает с перегрузом, то ленточный питатель через тягу (5) воздействует на коромысло (6) и шток (8) перемещается вверх, воздействует на датчик (9), который дает команду на понижение напряжения в обмотке электромагнита и дозатор начнет работать с меньшей производительностью.

Перед началом эксплуатации дозатор настраивается на требуемую производительность и в процессе эксплуатации периодически тарируется, т.е. производится контрольное взвешивание с последующей настройкой дозатора.

### 8.2 Автоматизация вращающейся печи

Технологический процесс обжига определяется расходом и качеством (химический и гранулометрический состав, влажность) подаваемого в печь сырья, температурой в зонах подготовки и спекания. Для контроля технологического режима обжига во вращающихся печах имеется непрерывное автоматическое измерение следующих величин:

- количество подаваемого в печь сырья;
- температуры в зонах обжига, зоне охлаждения и зоне подогрева;
- количество воздуха, подаваемого в печь;
- измерение разряжения.

Измерение температуры порядка 500–600 °С в зоне подготовки, осуществляется хромель – алюмелевыми термопарами, установленными в

барабане вращающейся части печи. Рабочий конец термопары выступает в рабочее пространство печи, соприкасается с обжигаемым материалом, когда термопара внизу, и омывается продуктами сгорания, когда термопара, поворачиваясь, вместе с барабаном печи, выходит из под слоя обжигаемого материала. Поэтому показания, полученные от данной термопары, не являются ни температурой материала, ни температурой сгорания, а имеют какое-то среднее значение. в печи; Температура в зоне обжига достигает 1670 °С. В настоящее время еще не имеется достаточно надежных термопар в защитной арматуре, предназначенных для измерения таких температур. Поэтому в процессе проведения данной работы осуществляли периодические измерения температуры в зоне обжига при помощи платинородий – платинородиевых и специально изготовленных термопар, стойкость которых не превышала 10 суток. Для контроля гидравлического режима печи необходимо измерять разрежение в пылевой камере и горячей головки печи. Для контроля в пылевой камере использован прибор ТНСК. Контроль и регулирование разрежения в горячей головке печи осуществляется дифманометром типа ДКФМ и вторичным прибором типа ВФС. Регулятор типа БРУ – 21 в комплекте с ферродинамическим датчиком и исполнительным механизмом типа БИМ – 25/120, воздействующим на направляющий аппарат дымососа, поддерживает заданное разрежение, в горячей головке, благодаря чему стабилизируются поступление в печь, вторичного воздуха [4].

## 9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 9.1 Техника безопасности

Для обеспечения безаварийной работы вращающейся печи обжигальщик перед началом смены должен провести наружный осмотр состояния печи, холодильных установок, подогревателя, вспомогательных механизмов и устройств, проверить наличия сырья.

При проведении процесса обжига обслуживающий персонал должен следить за: показаниями контрольно-измерительных приборов, механическим состоянием печи, холодильного барабана, приводных, загрузочных механизмов; состоянием футеровки печи и правильном расположении факела горения топлива; герметичностью трубопроводов; пылесадительных устройств, температурой корпуса печи [15].

Наиболее опасным процессом при эксплуатации вращающихся печей является сжигание технологического топлива. Подаваемые в печь горелкой природный газ в смеси с воздухом в определенных пропорциях являются взрывоопасными. Для устранения возможности взрыва следует предусматривать равномерную подачу природного газа, обеспечивать плотность стенок для устранения подсоса воздуха в печь.

Учитывая возможность содержания опасных газов в составе продуктов сгорания, при аварийной остановке газоотсасывающих устройств, следует прекратить питание печи шихтой, а через некоторое время (не более 5 минут) заглушить горелку.

При обслуживании вращающихся печей возможны случаи травмирования людей вращающимися или движущимися механизмами и оборудованием, поэтому они должны быть ограждены сплошным металлическим ограждением. Управление шиберами газопровода печи должно быть дистанционным, удобным и надежным. На редукторе привода шибера, применяемого для этой цели, должно быть установлено самотормозящее устройство.

Для механизации ремонтно-монтажных работ в печном отделении необходимо предусматривать установку грузоподъемного оборудования, рассчитанную на массу наиболее тяжелого оборудования.

Периодически необходимо производить осмотры и очистку пылеосадительных камер вращающихся печей, обрушение со сводов наростов пыли. Работы, связанные с выполнением указанных операций, относятся к работам в условиях повышенной опасности и должны производиться по нарядам-допускам. Нависшие наросты пыли на сводах и стенах пылеосадительных камер печи следует, где это возможно, обрушать, обдувая их струей сжатого воздуха без спуска людей внутрь камер. Рабочие при этом должны быть привязаны страховочным канатом предохранительного пояса во избежание случайного их падения через люк в пылеосадительную камеру печи. Оставшиеся после обдувки нависшие плотные наросты следует обрушать специальными приспособлениями, предварительно закрепив их веревками, и т.д. Если возникает необходимость спуска рабочих в пылеосадительные камеры печи с целью осмотра и очистки, то следует пользоваться исправными люльками [8].

В процессе обжига печи могут образовываться кольцевые привары, уменьшающие проход для газов и ведущие к перегреву переднего кольца печи, что ухудшает микроклимат в цехе. В связи с этим кольцевые привары требуется немедленно удалять. При возникновении угрозы несчастного случая или аварийной ситуации печь должна быть немедленно остановлена. Остановка вращающейся печи во всех случаях, исключая аварийный, производится по распоряжению начальника смены [14].

При проведении производственных процессов на работника могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы: физические, химические, психофизиологические. Физические опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, обрушающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей среды и др.

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: токсичные, раздражающие, сенсibiliзирующие. По пути проникновения в организм человека через: органы дыхания, кожные покровы и слизистые оболочки, желудочно-кишечный тракт [14].

## 9.2 Охрана окружающей среды

За последние десятки лет одной из серьезных проблем стала защита атмосферы от различных загрязнений. И это все – следствия хозяйственной деятельности человека. По сравнению с другими составляющими среды обитания, атмосфера загрязняется быстрее всего.

Образование газообразных загрязнений характерно для различных процессов. Основные это химические реакции окисления, восстановления, замещения и разложения, так же электрохимические (электролиз) и физические (выпаривание и дистилляции).

Основным технологическим процессом является:

- обжиг сырого магнезита во вращающейся печи.

Вопросы охраны окружающей среды связаны с загрязнением атмосферы и гидросферы производственными выбросами.

При обжиге сырого магнезита во вращающихся печах запыленные отходящие дымовые газы от печей через котлы-утилизаторы по газодамам поступают в пулегазоулавливающие установки (ПГУУ), после очистки, в которых выбрасываются в атмосферу. Уловленная пыль возвращается в производство.

При транспортировке обожженного порошка по конвейерам, элеваторам происходит выделение пыли. Пыль удаляется системами вытяжной вентиляции (АТУ), оснащенными одноступенчатой (циклонами) или двухступенчатой (циклоны и рукавные фильтры) системами сухой очистки воздуха. После очистки воздух выбрасывается в атмосферу, уловленная пыль возвращается в производство.

Таблица 25 – Суммарные выбросы загрязняющего вещества в атмосферу указаны в таблице.

Наименование источника загрязняющего вещества	Наименование загрязняющего вещества	Количество загрязняющего вещества по ПДВ, т/год
Неорганизованные выбросы без очистки	Пыль неорганическая: SiO <sub>2</sub>	0,1
	ниже 20% магния оксид	0,5
Организованные выбросы после эл.фильтров	Пыль неорганическая: SiO <sub>2</sub>	100
	ниже 20% магния оксид	300
Организованные выбросы после аспирационно технических установок	Пыль неорганическая: SiO <sub>2</sub>	15
	ниже 20% магния оксид	50

Для обеспечения санитарно-гигиенических условий труда рабочих, на площадке печного отделения предусмотрено:

- искусственное насаждение деревьев и кустарников;
- устройство газонов.

В производственных и бытовых помещениях постоянно производится уборка. Бытовые отходы складированы в контейнеры и периодически вывозятся.

Для поддержания чистоты воздуха в производственных помещениях проводятся следующие мероприятия:

- установлены аспирационные установки, снабженные рукавными фильтрами, для очистки воздуха от производственной пыли;
- в помещениях присутствует приточно-вытяжная вентиляция;
- в бункерах установлены местные отсасывающие устройства, из которых запыленный воздух по магистралям попадает в рукавные фильтры;
- осуществляется уборка осевшей пыли.

Контроль за соблюдением ПДВ и ПДС ведет общезаводская лаборатория и отделение по безопасности окружающей среды. Ежемесячно лабораторией берутся образцы почвы, воды, выбросов для проверки их на допустимые концентрации [8].

Запыленность

Пыль возникает при обжиге магнезита во вращающейся печи.

Таблица 26 – Параметры запыленности воздуха

Наименование	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>
Пыль периклазовая	4	10	13

К 4 классу опасности относятся вещества малоопасные.

Магнезитовая пыль, которая образуется при обжиге, транспортировке материала, отлагаясь в органах дыхания, вызывает медленно развивающиеся патологические изменения типа хронических катаров верхних дыхательных путей, хронических бронхитов [9].

Попадание и оседание пыли в органах дыхания вызывает образование профессиональных заболеваний, как пылевой бронхит, пневмокониоз. Наиболее распространенным заболеванием является силикоз, который возникает при воздействии пыли свободного диоксида кремния, содержание которого нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88[12].

Пыль, к которым относится SiO<sub>2</sub>, оказывает вредное воздействие на организм человека, засоряя верхние дыхательные пути и вызывая тем самым легочные заболевания. Аэрозоли оказывают не только местное воздействие на верхние дыхательные пути но и проникают в легкие и желудочно-кишечный тракт, вызывая тем самым общее отравление организма: вызывают хронический бронхит, внелёгочный туберкулез, бронхиальную астму, заболевания диафрагмы, заболевание сердечно – сосудистой системы и т.д. [6].

Средствами защиты органов дыхания различные респираторы типа UVEX, органов зрения – защитные очки или маска.

Работодатель принимает своевременные меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных и других заболеваний работников: проводятся ежегодные медицинские осмотры, что позволяет своевременно обнаружить ранние формы заболеваний на стадии, легко

поддающейся лечению. В случаях, предусмотренных законодательством, своевременно предоставляет льготы и компенсации в связи с вредными условиями труда(сокращение рабочего дня, дополнительные отпуска, лечение и прочее), обеспечивает специальной сертифицированной одеждой и обувью, и необходимыми средствами индивидуальной защиты [10].

### 9.3 Охрана жизнедеятельности

Предприятие расположено в зоне характерного для Урала континентального климата. Средняя относительная влажность воздуха составляет 74 %. Самое жаркое время – июль, со средней месячной температурой +22,7°С. Самое холодное время – январь, со средней суточной температурой –18,5°С. Характерны ветры западного направления[12].

В радиусе 5 км от места размещения не существует предприятий, на которых возможны выбросы вредных веществ в окружающую среду. Поэтому как в воздушной, так и в водной среде жилой зоны фоновые концентрации вредных веществ соответствуют допустимым нормам.

Данное производство является пожароопасным, взрывоопасным, есть участки с повышенным содержанием пыли, повышенным уровнем шума и повышенной температурой в рабочей зоне. Применяемое оборудование имеет вращающиеся части, также при производстве используется подъемно-транспортное оборудование.

Расположение производственных объектов на территории завода и решение генерального плана учитывают соблюдение санитарных и противопожарных требований [9].

Проект разработан в соответствии с ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование технологическое. Общие требования безопасности».

Влажность, освещенность и загазованность помещений определяется согласно санитарным нормам. Виды опасных и вредных производственных факторов определяются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ.

Проектом предусмотрены следующие мероприятия согласно ГОСТ 12.3.002–2014 ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности»:

- соблюдены требуемые проходы и расстояния между производственным оборудованием и строительными конструкциями;

- подъёмно-транспортное оборудование применено согласно ГОСТ 12.3.009–76 ССБТ «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности»;

- вращающиеся и подвижные части оборудования ограждены согласно ГОСТ 12.2.007.1–75 ССБТ «Машины электрические вращающиеся. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.3.020-80 ССБТ «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности»;

- ограждение площадок, лестниц и проёмов в соответствии с ГОСТ 12.2.062–81 ССБТ;

- оборудование, расположенное выше отметки пола оснащено, площадками для обслуживания;

- блокировка технологического оборудования с аспирационными системами;

- наличие сигнальной окраски и знаков безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026–01 ССБТ «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» [13].

## Электробезопасность

По опасности поражения электрическим током, проектируемый цех относится к категории цехов с повышенной опасностью поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Электробезопасность выполнена в соответствии «Правил устройства электроустановок» и «Правил технической безопасности и безопасное обслуживание электроустановок промышленных предприятий».

Мероприятия по электробезопасности:

- ограждения и изоляция токоведущих частей, размещение их на недоступной высоте, использование пониженного напряжения;
- защитное заземление по ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление и зануление»;
- предусмотрены автоблокировочные устройства, ограждающие доступ посторонних лиц к электроустановкам;
- применение средств индивидуальной защиты (изолирующие штанги, изолирующие клещи и т.д.) согласно «Правил эксплуатации электроустановок потребителей».

Технологический процесс на предприятии сопровождается значительными пылевыделениями, которые образуются при обработке сырьевых материалов [13].

Решения по уменьшению пыли, принятые в проекте согласно ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»:

- герметизация технологического оборудования согласно СП 2.2.2.1327–03;
- применение ограничивающих устройств, предотвращающих перегрузку оборудования (питатели, затворы);
- применение кондиционного сырья значительно сокращающего поточно-транспортные линии и тем самым, уменьшающего количество источников выделения пыли;

–использование пневмотранспорта (герметичной системы) для подачи кондиционных компонентов в силоса;

–хранение кондиционного сырья в герметичных силосах;

–оборудование силосов и бункеров сигнализаторами уровня, исключающими переполнение или полную разгрузку;

Во всех производственных помещениях предусмотрена установка приточно-вытяжной общеобменной вентиляции в соответствии со СНиП 41–01–2003.

В связи с тем, что во вспомогательных помещениях отсутствует выделение пыли, в них предусматривается естественная вентиляция [9].

По СНиП 23.05.95 «Естественное и искусственное освещение» норма освещенности для данного производства составляет 300 лк при общей системе освещения.

На участке максимально используется естественное освещение через оконные проемы.

Применение естественного освещения недостаточно из-за непрерывности технологического процесса, поэтому предусмотрено искусственное освещение, т.е. применяется комбинированное освещение согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

Также предусмотрено аварийное освещение на случай внезапного отключения рабочего освещения, а также эвакуационное освещение в производственных помещениях с постоянно работающими людьми. В таких помещениях эвакуация людей в случае аварийного отключения рабочего освещения связана с опасностью травмирования из-за продолжения работы оборудования. Эвакуационное освещение предусматривается в местах, опасных для прохода людей, в основных проходах производственных помещений и должно составлять не менее 0,5 лк в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03[9].

Основными источниками шума являются транспортирующие устройства и

вентиляторы.

Предельно допустимый уровень шума на рабочем месте по СН.2.2.4/2.1.8.562–96 составляет 85 ДБА.

Для уменьшения шума предусматриваются мероприятия:

- изоляция источников шума кожухами и звуконепроницаемыми блоками по ГОСТ 12.1.003–83\* «Шум. Общие требования безопасности»;
- применение для облицовки стен шумопоглощающих материалов согласно СНиП 23.03.2003 «Защита от шума»;
- применение индивидуальных средств защиты в соответствии с требованиями СН 2.24.12.1.8.562–96;
- вынос особо шумных источников за пределы цеха или перенос их на большое расстояние от рабочих мест[9].

Планировка и расположение операторского помещения составного цеха соответствует ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [6].

Объем производственного помещения на каждого работающего составляет не менее 15 м<sup>3</sup>, а площадь – 4,5 м<sup>2</sup> согласно ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

Здания производственных участков относятся ко II категории огнестойкости. Помещения обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с ППБ–04–03 МЧС РФ.

Установка системы пожаротушения и насосной станции соответствует ГОСТ 12.4.009–85 «Пожарная техника для защиты объектов. Общие требования».

Для сигнализации устанавливаются извещатели пожарной сигнализации типа ИДР, реагирующие на дым. При пожаре автоматически отключаются приточные и вытяжные вентиляционные системы. Внутри помещений расположены пожарные краны, а также углекислые и пенные огнетушители.

Объемно-планировочные и конструкционные решения приняты по СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». В случае

возникновения пожара безопасная эвакуация персонала из помещений осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ [6].

Все мероприятия по обеспечению безопасности соответствуют ГОСТ 12.2.037–89.

Для практической производственной деятельности все чрезвычайные ситуации можно разделить по причинам возникновения на три группы:

- техногенного характера;
- природного происхождения;
- экологического происхождения.

Данный проектируемый объект расположен в благоприятной климатической зоне, поэтому вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций природного происхождения мала. Основной же причиной возникновения чрезвычайных ситуаций является техногенная деятельность человека[9].

Мероприятия по уменьшению вероятности появления чрезвычайных ситуаций проводятся по ГОСТ Р 22.0.01-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения»:

- точное соблюдение требований технологического регламента производства;
- выполнение нормативных документов по обеспечению безопасности персонала в случае чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера в соответствии с федеральным законом РФ;
- повышение общей технической культуры персонала;
- профилактические мероприятия по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям.

Оказание медицинской помощи проводится в соответствии с ГОСТ Р 22.3.02.

При возникновении внешних чрезвычайных ситуаций, а также при организации и проведении аварийно-спасательных работ необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ Р 22.3.01, ГОСТ Р 22.3.03, ГОСТ Р

22.8.01, ГОСТ Р 22.9.02 – ГОСТ Р 22.9.05.

Таким образом,

1) Уровень запыленности и содержание вредных веществ на рабочих местах соответствует нормам.

2) Мероприятия по электробезопасности, проводимые в цехе, считать достаточными.

3) Мероприятия по пожаро, взрывоопасности считать достаточными при условии постоянного контроля за исправностью средств, предупреждающих или борющихся против этих опасностей.

4) Уровень шума в цехе удовлетворителен.

5) Освещение рабочих мест и производственных участков считать достаточным.

6) Защита рабочих от последствий различных чрезвычайных ситуаций достаточно надежна.

## 10 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Организация труда и заработной платы

Режим работы – это установленный порядок и продолжительность производственной деятельности предприятия, всех участков и цехов во времени (в течении суток). Режим работы предприятия определяет производственной работы и время перерывов в часах, продолжительность рабочей(число рабочих и выходных дней) и общее время работы в течении календарного периода(месяца, года).

Режим работы является существенной частью организации производства и труда. Наиболее важной задачей режима является создание условий для рационального использования рабочего времени персонала и оборудования.

Принимаем непрерывный режим работы.

График выходов.

График выходов рабочих на работу обеспечивают соблюдение установленной деятельности смены и рабочей недели; правильное чередование работы и отдыха; установление для всех рабочих единого для всех рабочих количества дневных, вечерних и ночных смен работы; создание необходимых условий для ликвидации обезлички в обслуживании рабочих мест, а так же постоянный состав производственных бригад в сменах и руководства каждой сменой.

Принимаем непрерывный четырехсменный график работы. При этом графике установлена пятидневная рабочая неделя, двухсменная работа с продолжительностью смен 12 часов с прямым чередованием смен. Данный график работы обеспечивает непрерывную работу постоянное время начала и конца смены и регулируемые выходные дни для каждой смены.

А,Б,В,Г – 1,2,3 и 4 бригады (рабочие)

I, II – 1, 2 – смены

Следует отметить, что после двух дней работы бригада отдыхает 24 часа и переходит их первой смены во вторую. Обязательное количество часов по календарю 2096 часов. Для начальника отделения принимаем односменный однобригадный график выходов.

#### 4.2 Расчет численности рабочих. Штатное расписание

Численность рабочих рассчитывается по нормам выработки, обслуживанию рабочих мест, машин и механизмов и по штатному расписанию.

При планировании численности персонала сначала определяют явочный а затем списочный состав. Явочный состав представляет собой количество рабочих, необходимых для ведения производственного процесса каждую смену.

Явочная численность рабочих по нормам обслуживания оборудования рассчитывается:

$$Ч_{яв} = A \cdot Ч \cdot n_{см}, \text{ чел}$$

где А-число агрегатов или рабочих мест; Ч-численность рабочих, необходимая для обслуживания одного агрегата или рабочего места в смену; n-число рабочих смен в сутки.

Обжигальщик VI разряда, чел:

$$Ч_{яв} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

Помощник обжигальщика V разряда, чел:

$$Ч_{яв} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

Машинист холодильника II разряда, чел:

$$Ч_{яв} = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел.}$$

Оператор ПГУУ III разряда, чел:

$$Ч_{яв} = 1 \cdot 3 \cdot 2 = 6 \text{ чел.}$$

Списочный состав – это количество рабочих с учетом подмены на выходные, праздничные, больничные и прочие неявки.

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot K_{сп},$$

где  $K_{\text{сп}}$  – коэффициент списочного состава, принимается в зависимости от годового режима работы.

Коэффициент списочного состава находится по формуле:

$$K = \frac{T_{\text{год}}}{(365 - P_{\text{пр}} - P_{\text{вых}} - P_{\text{отп}}) \cdot 0,96},$$

где  $T_{\text{год}}$  – количество дней работы в году;  $T_{\text{год}} - 365$  дней;  $P_{\text{пр}}$  – число праздничных дней;  $P_{\text{пр}} - 14$  дней;  $P_{\text{вых}}$  – число выходных дней;  $P_{\text{вых}} - 118$  дней;  $P_{\text{отп}}$  – число отпускных дней в году;  $P_{\text{отп}} - 42$  дня

0,96 – коэффициент, учитывающий прочие неявки по уважительной причине

$$K = \frac{365}{(365 - 14 - 118 - 42) \cdot 0,96} = 1,99$$

Обжигальщик VI разряда, чел:

$$Ч_{\text{яв}} = 2 \cdot 1,99 = 4 \text{ чел.}$$

Помощник обжигальщика V разряда, чел:

$$Ч_{\text{яв}} = 2 \cdot 1,99 = 4 \text{ чел.}$$

Машинист холодильника II разряда, чел:

$$Ч_{\text{яв}} = 2 \cdot 1,99 = 4 \text{ чел.}$$

Оператор ПГУУ III разряда, чел:

$$Ч_{\text{яв}} = 3 \cdot 1,99 = 6 \text{ чел.}$$

Таблица 27 – Штатное расписание

Наименование профессии	Разряд	Час тариф, ставка, руб.	Явочн. штат в сут, чел	В т.ч. по сменам		Коэффициент списочного состава	Списочный состав чел.
обжигальщик	6	75,20	2	2	2	5,02	8
Помощник обжигальщика	5	70,10	2	2	2	5,02	8
Машинист холодильника	2	60,30	2	2	2	5,02	8
Оператор ПГУУ	3	65,25	6	3	3	5,02	12
Итого			12	9	9		36

## Расчет фонда заработной платы рабочих.

Расчет заработной платы произведем для обжигальщика VI разряда

Рассчитываем фонд рабочего времени, чел/час

- продолжительность смены: 11 часов 30 мин;
  - действительный фонд рабочего времени: 293 дня;
  - годовой фонд рабочего времени:  $293 \cdot 11,5 = 3369,5$  часов;
  - часовая тарифная ставка: 89,15 руб/час
  - заработная плата по тарифу:  $3369,5 \cdot 89,15 = 300391$  руб.;
  - доплата за работу в вечернее время (20%):  $293/3 \cdot 11,5 \cdot 89,15 \cdot 0,2 = 20026$  руб.
  - доплата за работу в ночное время (40%):  $293/3 \cdot 11,5 \cdot 89,15 \cdot 0,4 = 40052$  руб.
  - доплата за работу в праздничные дни:  $89,15 \cdot 3 \cdot 14 = 3744$  руб.
  - доплата за вредные условия труда (18%) :  $3369,5 \cdot 89,15 \cdot 0,18 = 54070$  руб.
  - премия за выполнение плана (76%):  $300391 + 20026 + 40052 + 3744 + 54070 = 418283 \cdot 0,76 = 317895$  руб.
  - основная заработная плата за год:  $418283 + 317895 = 736178$  руб.
  - заработная плата с уральским коэффициентом (15%):  $736178 \cdot 0,15 = 110427$  руб.
- $110427 + 736178 = 846605$  руб.

Оплата труда руководителей ИТР производится по персональному окладу с начислением районного коэффициента, равного 1,15.

Таблица 28 – Фонд оплаты труда руководителей и ИТР

Должность	Кол-во штат. Ед.	Оклад мес. Руб.	Основная з/п руб.	Уральский коэф-т (15%), руб.	Общая з/п, руб.(год)
Начальник цеха	1	60000	60000	9000	828000
Руководитель направления	1	45000	45000	6750	621000
Начальник отделения	1	40000	40000	6000	552000
Технолог	1	35000	35000	5250	483000
мастер	4	30000	30000	4500	414000
Всего					3243000

Фонд с учетом доп.з/п (14%)		3697020
Отчисления на ЕСН (26%)		4086180
ИТОГО		7783200

#### Определение себестоимости продукции

Расчет затрат на сырье и основные материалы (таблица 29).

Таблица 29 – Затраты на сырье и материалы

Наименование	Ед. изм.	Норма расхода ед. продукции	Потребляемое кол-во	Цена ед. продукции	Сумма, руб
Сырой магнезит	т/год	2,33	233605,0	1020	238277100
ССП	т/год	0,48	51912,2	15000	778683000
Итого					1016960100
Не учтено 10%					10169601
Всего					1027129701

#### Расчет затрат на электрическую энергию

Годовой расход электроэнергии определяется исходя из мощности установленных двигателей по всем агрегатам и их годового фонда рабочего времени ( таблица 30).

Таблица 30 – Расчет количества и стоимости элетрической энергии

Наименование оборудования	Кол-во	Установл. мощность, кВт	Суммарная мощность, кВт	Расход в год, кВт	Сумма, тыс.руб.
Дозатор	2	6,44	13	108 192	378,7
Вращающаяся печь	1	200	200	1 680 000	5 880,0
Конусная дробилка	1	75	75	630 000	2 205,0
Ленточный конвейер	2	5,5	11	92 400	323,4
элеватор	2	10	20	168 000	588,0
Грохот	2	5,5	11	92400	323,4
Валковая дробилка	1	30	30	252000	882,0
дымосос	1	55	55	462 000	1 617,0
ИТОГО			415	3 484 992	12 197,5

Расход электроэнергии за год определяется по формуле:

$$W = W_{\text{ед.}} \cdot n \cdot t_{\text{сут}} \cdot T,$$

где  $W_{\text{ед.}}$  – мощность одного двигателя кВт,  $n$  – количество двигателей, шт;  $t_{\text{сут}}$  – время работы в сутки, ч;  $T$  – время работы в году дней.

Определим расход электроэнергии за год на примере дозатора:

$$W_{\text{ед}} = 6,44 \text{ кВт}, n = 2 \text{ шт}, t_{\text{сут}} = 24 \text{ ч}, T = 350 \text{ дней}$$

Таким образом, получаем:

$$W = 6,44 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 350 = 108192 \text{ кВт}$$

Таблица 31 – Расчет амортизации

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость основных средств, тыс.руб.	Общая стоимость, тыс.руб	Норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных отчислений, тыс.руб.
Дозатор	2	120,2	240,4	7,0	16,8
Вращающаяся печь	1	2200,0	2200,0	18,0	396,0
Конусная дробилка	1	145,3	145,3	20,0	29,1
Ленточный конвейер	1	832,4	832,4	20,0	166,5
Приемный бункер	2	70,0	140,0	15,0	21,0
Циклон	8	45,0	360,0	17,0	61,2
Эл.фильтр	8	37,0	296,0	10,0	29,6
Элеватор ЭЛГ-250	2	580,0	1160,0	16,7	193,7
Грохот ГИЛ-32	2	99,2	198,4	10,0	19,8
Валковая дробилка	1	224,9	224,9	20,0	45,0
Дымосос	1	300,0	300,0	18,0	54,0
Бункер (для пыли)	8	70,0	560,0	15,0	84,0
Итого			6657,4		1 116,7

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

$$1116700/10000 = 11,12 \text{ руб/т}$$

Стоимость сырого магнезита – 1020,0 руб/т

Потребность в сырье с учетом потерь при транспортировке, влажности сырья и др. представлена в таблице 31.

Таблица 31– Потребность в материальных ресурсах

Наименование вида материальных ресурсов	Число кварталов	квартал		год	
		Количество, т	Сум., тыс.руб.	Кол-во, т	Сум., тыс. руб.
Саткинский сырой магнезит	4	55901,2	621622,0	223605	2486,5
итого					2486,5

Таблица 32 – Потребность в энергетических ресурсах

Наименование затрат	Ед.изм.	Норма расхода на ед.	Общий расход	Сто-ть ед. расхода	Сумма, тыс. руб.
Природный газ	М <sup>3</sup>	0,184	11050	4,12	45,5
Эл. энергия	кВт	-	3947000	3,5	13814,5
Итого			3958050		13860,0

Расчет количества ресурсов, 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.

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

$$1116,7 \cdot 0,6 = 670,02 \text{ тыс.руб.}$$

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

$$43728,7 \cdot 0,1 = 4372,87 \text{ тыс.руб.}$$

Общехозяйственные расходы составляют 15% от фонда оплаты труда

$$43728,7 \cdot 0,15 = 6559,3 \text{ тыс.руб.}$$

Общезаводские расходы составляют 15 % от общехозяйственных:

$$6559,3 \cdot 0,15 = 983,9 \text{ тыс. руб.}$$

Коммунальные расходы составляют 20 % от общехозяйственных:

$$6559,3 \cdot 0,2 = 1311,9 \text{ тыс.руб.}$$

Расходы на освещение и вентиляцию составляют 20 % от расхода на эл.энергию

$$20916 \cdot 0,2 = 4183,2 \text{ тыс.руб.}$$

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

$$6657,4 \cdot 0,022 = 146,5 \text{ тыс.руб.}$$

Налог на землю – 4 руб. за 1 м<sup>2</sup> :

$$6657,4 \cdot 4 = 26,6 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 33 – Сводный расчет сметы расходов

Наименование показателей	Тонна продукции		Выпуск продукции	
	Натур выраж.	Стоим. Руб.	Натур. Выраж.	Стоим-ть., тыс. руб.
Объем производства и реализации (без НДС) себестоимость	1	1748,25	100 000	174825,0
Объем продаж по отпускным ценам	1	2098,0	100 000	210 000,0
Себестоимость всего, в том числе:		1904,0		193 006,0
Переменные затраты:				
сырье всего	1	1020	223605	228077,1
энергоресурсы всего, в том числе				
- природный газ	0,184	4,12	11040	45
- электроэнергия		3,5	3947000	13814,5
ФОТ произ-х рабочих				43728,7
Постоянные затраты:				
ФОТ рук-лей				7783200
Амортизация				1 116,7
Расход на ремонты				670,02

## Окончание таблицы 33

Наименование показателей	Тонна продукции		Выпуск продукции	
	Натур. выраж.	Стоимость руб.	Натур. выраж.	Стоимость тыс. руб.
Расходы на ОТ				4372,87
Общехозяйственные расходы				6559,3
Расход на освещение и вентиляцию				4183,2
Налог на имущество				146,5
Налог на землю				26,6
Прибыль балансовая				35 175
Налог на прибыль(24%)				8442,0
Чистая прибыль		351,7		35170,0

## Рентабельность

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

Рентабельность продукции:

$$P_{\text{прод.}} = \frac{П_{\text{ед.}}}{С_{\text{ед.}}} \cdot 100\%,$$

Где  $П_{\text{ед.}}$  – прибыль в расчете на ед. продукции, тыс. руб.;  $С_{\text{ед.}}$  – себестоимость ед. продукции;  $P_{\text{пр}} = 351,7/1904 \cdot 100\% = 19\%$

Таблица 34 – Сводные технико-экономических показателей

Показатели	Ед.изм.	Величина показателя
Годовой объем выпуска продукции	т	100 000
Количество работающих всего, в т.ч.	Чел.	
Производственных рабочих	Чел.	36
Руководители, специалисты	Чел.	8
Производительность (в год):		
На 1 ППП	Шт	2273
Балансовая стоимость оборудования	Тыс.руб.	6657,4
Коэффициент загрузки оборудования		0,75
Себестоимость годового выпуска, всего	Тыс.руб.	174825,0
Себестоимость ед. продукции	Руб.	1904
Прибыль	Тыс.руб.	35170,0
Чистая прибыль	Тыс.руб.	26733,0
Рентабельность продукции	%	19%

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом предложений изменений в существующую технологию производства спеченного периклазового порошка путем совершенствования футеровки вращающейся печи в зоне обжига происходит снижение расхода природного газа на 11,8 %.

С учетом заданной годовой производительности на производство спеченного периклазового порошка марки МП требуется следующее сырье: магнезит 233605 тыс.т, природный газ Березовского месторождения Ханты Мансийского АО в количестве 11040 м<sup>3</sup>.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

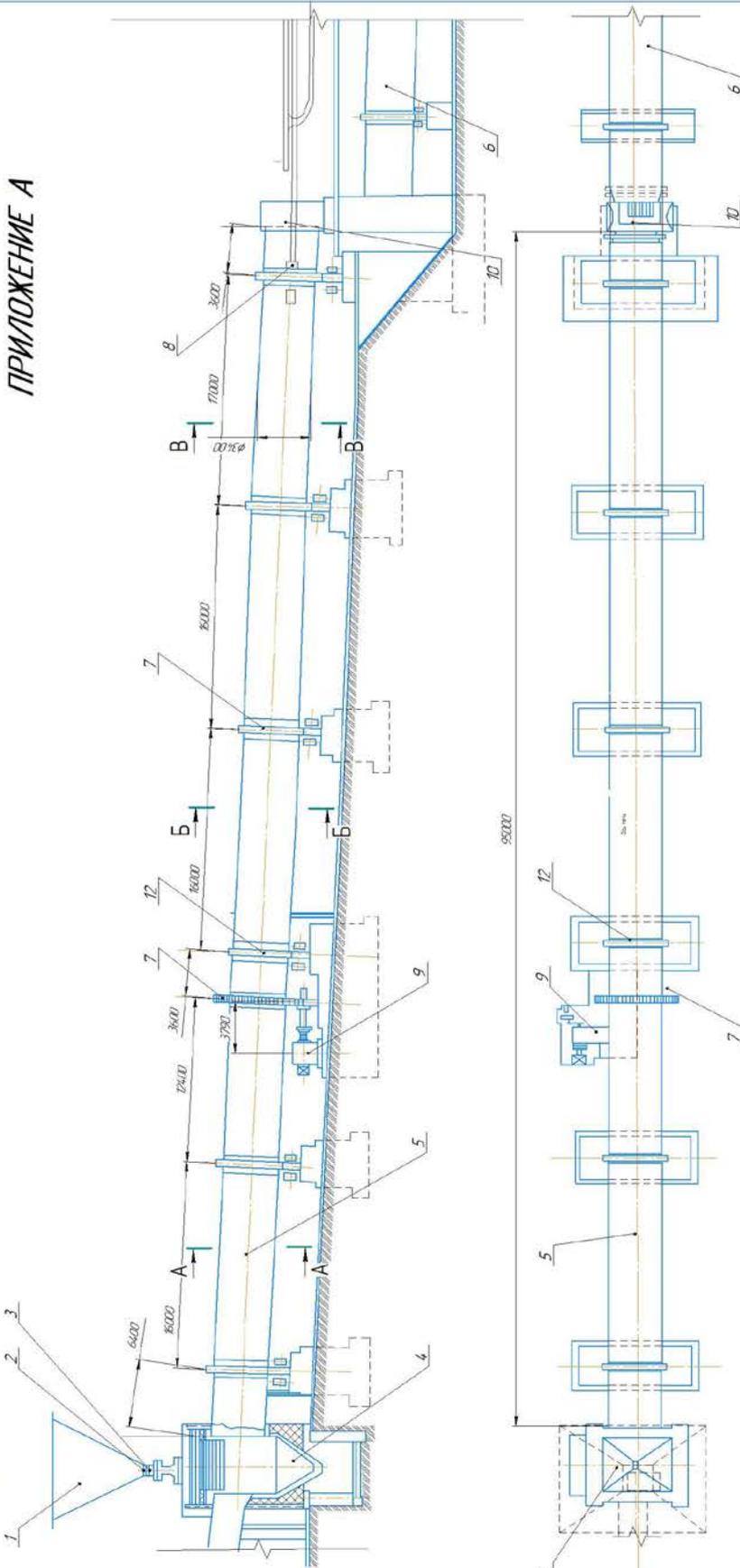
1. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 2000. – 458 с.
2. Ильевич, А. П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров / А.П. Ильевич. – М.: Высшая школа, 2009.–128 с.
3. Кашеев, И.Д. Производство огнеупоров – М.: Metallurgy, 1993.– 254 с.
4. Ксендзовский, В.Р. Автоматизация печей огнеупорной промышленности / В.Р. Ксендзовский. –М. : Metallurgy, 2007.– 364 с.
5. Левченко, П.Л. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П.Л. Левченко. – М.: Высшая школа, 2007.– 366 с.
6. Откида, В.В. Охрана труда в огнеупорной промышленности / В.В. Откида. – М.: Техника, 2002.– 258 с.
7. Охрана труда. Под ред. Ушакова К.З. – М.: Недра, 2006.–201с.
8. Андоньев, С.М. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии/ С.М. Андоньев, О.В. Филиппьев. – М.: Metallurgy, 2009.–198 с.
9. Ефанов, П.Д. Техника безопасности и производственная санитария в черной металлургии/ П.Д. Ефанов, Н.Н. Карнаух.–М.: Metallurgy, 2000.– 204 с.
10. Полоцкий, А.М. Автоматизация химических производств / А.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. – М: Химия, 2002.– 158 с.
11. Стрелов, К.К. Технология огнеупоров / К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М: Metallurgy, 2008. – 267 с.
12. Васильев, Г.А. Основы безопасности труда на предприятиях черной металлургии / Г.А. Васильев, В.Д. Жидков, Л. Г. Шакирзянова. – М.: Metallurgy, 2003. – 304 с.
13. Хорошавин Л.Б. Магнезиальные огнеупоры / Перепелицын В.А., Кононов В.А. // М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 575 с.
14. Производство периклазовых и периклазоизвестковых порошков различного назначения, плавящихся неформованных материалов,

высокомагнезиальных, магнезиальношпинелидных и углеродосодержащих изделий // ТИ – 200 – 0 – 45 – 2000 – Сетка: изд. К-т «Магнезит», 2000.

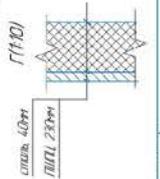
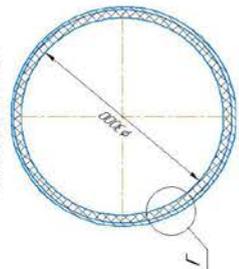
# ПРИЛОЖЕНИЯ

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

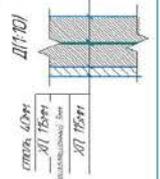
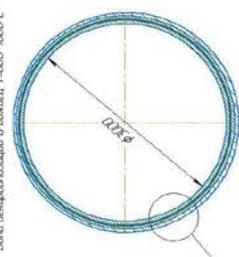
18.03.01.2018.861.00.00



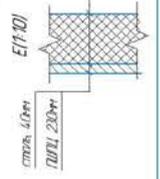
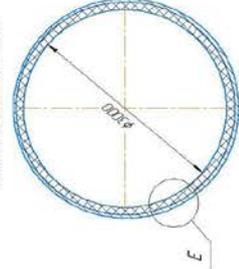
**A-A**  
Зона газорезки 1-20-600 С



**B-B**  
Зона окислительная 1-600-1200 С



**В-В**  
Зона окислительная 1-600-1200 С



№ п/п	Наименование	Материал	Масса	Примечание
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11
12	12	12	12	12

18.03.01.2018.861.00.00		Итого		175	
вращающаяся печь		Итого		175	
Итого		Итого		175	
Итого		Итого		175	

Исполнитель:  Проверено:  Дата:

18.03.01.2018.861.00.00.

Лист

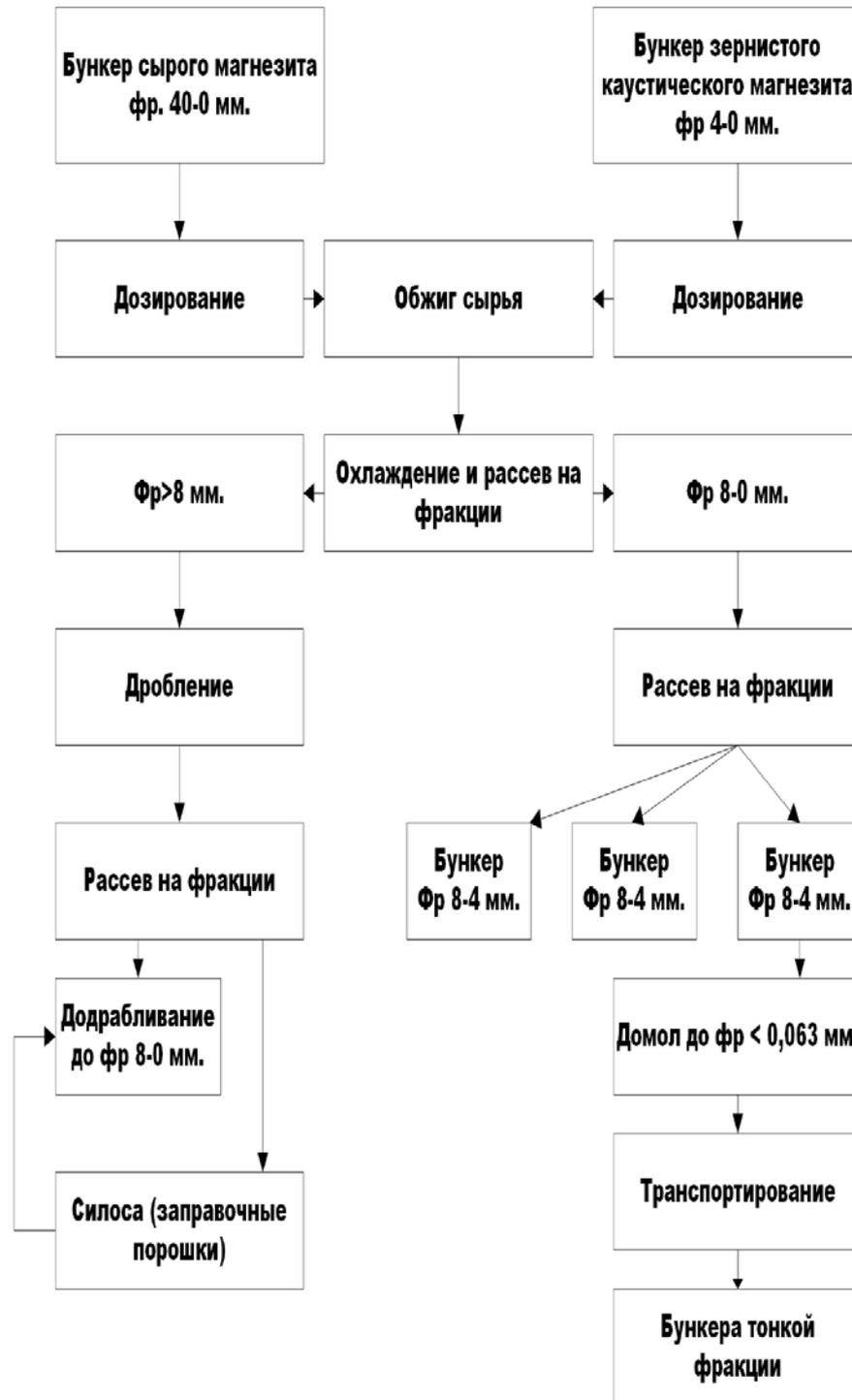
84



ПРИЛОЖЕНИЕ В

<b>Показатели</b>	<b>Ед.изм.</b>	<b>Величина показателя</b>
<b>Годовой объем выпуска продукции</b>	<b>т</b>	<b>100 000</b>
<b>Количество работающих всего, в т.ч.</b>	<b>Чел.</b>	
<b>Производственных рабочих</b>	<b>Чел.</b>	<b>36</b>
<b>Руководители, специалисты</b>	<b>Чел.</b>	<b>8</b>
<b>Производительность (в год):</b>		
<b>На 1 ППП</b>	<b>Шт</b>	<b>2273</b>
<b>Балансовая стоимость оборудования</b>	<b>Тыс.руб.</b>	<b>6657,4</b>
<b>Коэффициент загрузки оборудования</b>		<b>0,75</b>
<b>Себестоимость годового выпуска, всего</b>	<b>Тыс.руб.</b>	<b>174825,0</b>
<b>Себестоимость ед. продукции</b>	<b>Руб.</b>	<b>1904</b>
<b>Прибыль</b>	<b>Тыс.руб.</b>	<b>35170,0</b>
<b>Чистая прибыль</b>	<b>Тыс.руб.</b>	<b>26733,0</b>
<b>Рентабельность продукции</b>	<b>%</b>	<b>19%</b>

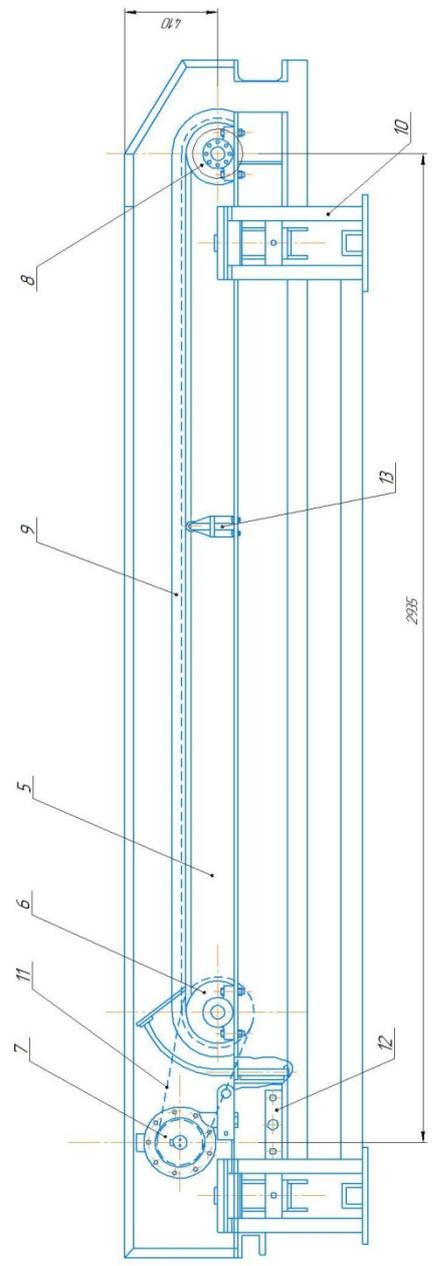
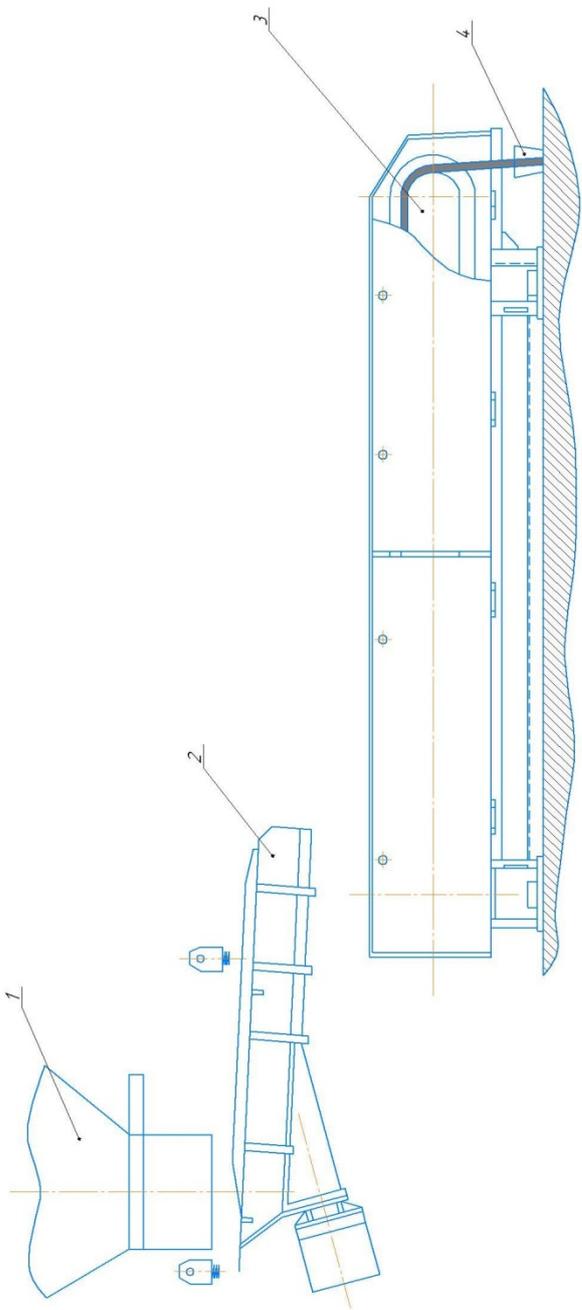
Технологическая схема производства



18.03.01.2018.861.00.00.												
№	Лист	Изд.	Тех. Зам.	Дат.	Технологическая схема производства					№	Изд.	Масштаб
1	1	1										
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.					Исполн.	Исполн.	Исполн.
Провер.	Провер.	Провер.	Провер.	Провер.	Провер.					Провер.	Провер.	Провер.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

18.03.01.2018.86.100.03



№	Наименование	Серия	Кол-во	Место	Деталь
1	Цилиндр часть загрузочного бункера				
2	Выборочная тарелка				
3	Весовой конвейер				
4	Прямая тарелка				
5	Ролик ведущий				
6	Ролик ведомый				
7	Ролик ведомый				
8	Натяжной барабан				
9	Конвейерная лента				
10	Ось ведущая				
11	Ролик ведомый				
12	Корпус каретки				
13	Ролик опорный				

18.03.01.2018.86.100.03	
Исполнитель	Дизайнер
Проверенный	Инженер
Место	Дата
Итого	120
18.03.01.2018.86.100.03	
Дозатор конфетный	
Непрерывного действия	
ИЗНУ	
Лист	41