

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент
_____ Т.В. Баяндина
«__» _____ 2018 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СЛАБОСПЕЧЕННОГО
ПЕРИКЛАЗОВОГО ПОРОШКА ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ШТАМПОВАННОГО СИТА
НА БАРАБАННЫЙ ГРОХОТ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2017. 868. ПЗ. ВКР

Руководитель, к.т.н., доцент
_____ Т.В. Баяндина
«__» _____ 2018 г.

Автор работы
Студент группы ДО – 515
_____ Федорова Т.А
«__» _____ 2018 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент
_____ Т.В. Баяндина
«__» _____ 2018 г.

Челябинск 2018

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

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

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студентки

Федоровой Татьяна Аркадьевна

Группа ДО-515

1 Тема работы: *Модернизация технологии производства слабоспеченного периклазового порошка путем замены штампованного сита на барабанный грохот*

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	Задание для выполнения выпускной квалификационной работы
2	Нормативно-техническая литература
3	Материалы курсовых проектов
4	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

	слабоспеченных порошков в России и за рубежом
7	Характеристика исходного сырья
8	Технология производства слабоспеченных 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 листах формата А1)

1	
2	
3	
4	
5	

7 Календарный план выполнения ВКР

№ п/п	Наименование этапов выполнения выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы
1.	Сравнительный анализ технологии производства слабоспеченных 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
5.	Сдача ВКР для нормоконтроля	21.06.2018–25.06.2018

6.	Представление ВКР на кафедру	26.06.2018
7.	Проверка ВКР на заимствование в системе «Антиплагиат»	27.06.2018–30.06.2018
8.	Проведение предварительной защиты ВКР	02.07.2018
9.	Защита выпускной квалификационной работы	4.07.2018–5.07.2018

9 Дата выдачи задания 04.04.2018 г.

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

Задание принял к
исполнению _____ Т.А. Федорова
(подпись студента) (И.О.Ф.)

АННОТАЦИЯ

Федорова Т.А. Модернизация технологии производства слабоспеченного периклазового порошка путем замены штампованного сита на барабанный грохот. – Челябинск: ЮУрГУ, Политехнический институт, базовая кафедра техники и технологии в металлургии 2018, 87с., 7 ил., 32 табл.

Библиографический список –18 наименований.

В дипломном проекте рассмотрено производство слабоспеченных периклазовых порошков с годовой производительностью 10 000 тонн. Предложено изменение в существующую технологию путем замены штампованных сит на барабанный грохот. Проведены подбор и расчет необходимого оборудования и топлива, необходимые для реализации данного проекта с учетом предложенного изменения.

					<i>18.01.03.2018.868.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>		<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Федорова Т.А.</i>			Модернизация технологии производства слабоспеченного периклазового порошка путем замены штампованного сита на барабанный грохот.	<i>Лит.</i>	Лист	Листов
<i>Проверил</i>		<i>Баяндина Т.В.</i>				<i>ВКР</i>	5	87
<i>Н.контр.</i>					<i>ЮУрГУ КафедраТТМ</i>			
<i>Утв.</i>								

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	10
2 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛАБОСПЕЧЕННЫХ ПЕРИКЛАЗОВЫХ ПОРОШКОВ	22
2.1 Характеристика сырья	22
2.2 Технологическая схема производства	22
2.3 Предложение по изменению в существующую технологию	24
2.4 Материальный баланс производства	26
3 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА	29
4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	32
4.1 Расчет бункеров	32
4.2 Выбор ленточного конвейера	34
4.3 Выбор дозатора	35
4.4 Выбор элеватора	37
4.5 Выбор грохота	38
4.6 Выбор винтового конвейера	39
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВА	41
5.1 Расчет горения топлива	41
5.2 Расчёт теплового баланса печи	44
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ	52
6.1 Система стабилизации расхода газа	53
6.2 Система стабилизации температуры	54
6.3 Система стабилизации в канале печи	55
6.4 Система стабилизации производительности дозатора	56
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	60
7.1 Негативные факторы и меры защиты от их воздействия	60
7.2 Охрана окружающей среды	66

7.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций.....	69
8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПРОИЗВОДСТВА	73
8.1 Организация труда и заработной платы.....	73
8.2 Расчет капитальных затрат	78
8.3 Расчет рентабельности	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	86

ВВЕДЕНИЕ

Огнеупорными называются материалы, изготавливаемые на основе минерального сырья и отличающиеся способностью сохранять без существенных нарушений свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. Значение огнеупоров в народном хозяйстве определяется тем, что без них практически нет целесообразного способа поддержания высоких температур в промышленных печах. Огнеупорные материалы применяются практически во всех отраслях промышленности, таких как металлургическая, химическая, энергетическая и другие отрасли [2].

Огнеупоры играют важную роль в металлургии и при современных тенденциях к применению крупномасштабных агрегатов и все более высоких температур, требования к огнеупорам в перспективе будет непрерывно повышаться, в особенности с учетом нужд новых технологических процессов.

Повышение качества огнеупоров и сокращение их удельных расходов на единицу продукции путем применения новых ресурсосберегающих технологий является одной из актуальных задач огнеупорной промышленности сегодняшнего времени.

Современные огнеупорные заводы крупные механизированные предприятия, оснащенные новой более современной техникой. Для их технологических схем характерна поточность производства. За последние годы на этих предприятиях многое сделано по внедрению автоматизации технологических процессов [1].

Общество с ограниченной ответственностью по производству огнеупоров «Группа «Магнезит» – крупнейшее в мире предприятие, которое на собственной минерально-сырьевой базе производит магнезиальные изделия и спеченные порошки (клинкеры), смеси и массы на их основе, плавленный периклаз и каустический магнезит.

Потребителями продукции группы являются более 700 отечественных и зарубежных предприятий черной и цветной металлургии, цементной, машиностроительной, химической, целлюлозно-бумажной и других отраслей

промышленности. В числе наиболее крупных долговременных партнеров группы Челябинский, Магнитогорский, Нижнетагильский, Новолипецкий, Оскольский, Новокузнецкий металлургические комбинаты, «Северсталь», Норильский никель» и сотни других потребителей в России, странах Ближнего и Дальнего Зарубежья.

Цель проекта – совершенствование производства слабоспеченных периклазовых порошков за счет модернизации технологии изготовления.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1) произвести сравнительный анализ передовых технологий в производстве слабоспеченных периклазовых порошков;

2) изучить технологию производства слабоспеченных периклазовых порошков и предложить изменение в существующую технологию с целью повышения качества продукции;

3) составить материальный баланс производства по заданной производительности;

4) подобрать механическое оборудование с учетом заданной годовой производительности порошков;

5) провести расчет горения топлива, теплового баланса печи с учетом заданной производительности;

6) рассмотреть контроль производства;

7) изучить автоматизацию вращающей печи;

8) произвести экономические расчеты производства слабоспеченных периклазовых порошков с учетом предложенного изменения в технологию.

Предложенное изменение в технологию производства слабоспеченных периклазовых порошков позволит получить порошки, имеющие себестоимость 8849 руб. за тонну, срок окупаемости предложенной технологии 1 месяца, рентабельность производства – 23,7 %.

1 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

По суммарным разведанным запасам кристаллических магнезитов Россия занимает второе место в мире [5].

На территории России месторождения кристаллических магнезитов распространены очень не равномерно и сосредоточены в четырех географогеологических регионах: Южно-Уральском (месторождения Саткинской, Белорецкой, Златоустовской, Катав-Ивановской групп) с суммарным относительным объемом запасов–20%, Красноярском Заангарье (Удерецкая группа) – 26 %, Восточно-Саянском (Иркутская область) – 50 %, Малохинганском (Хабаровский край) – 2%. Около 80 % запасов магнезита находится в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке [1]. Основные месторождения магнезита в России показаны в таблице 1

Таблица 1 – Основные месторождения магнезита в России

Месторождение	Область	Разведанные запасы, млн.т	Содержание MgO, %
1.Савинское	Иркутская	1945,4	46,2
2.Онотское	Иркутская	209,6	41,1
3.Тальское	Красноярский край	93,9	46,4
4.Верхотуровское	Красноярский край	121,7	46,6
5.Кардаканское	Красноярский край	41,1	46,1
6.Саткинское	Челябинская область	219,7	45,2– 46,2

В России с 1901 года и до настоящего времени главной сырьевой базой огнеупорной промышленности являются месторождения магнезитов Саткинской группы. Комбинат «Магнезит» осуществляет эксплуатацию месторождений карьерами и частично подземным способом.

Месторождения Саткинской группы. Месторождения магнезита Саткинского района залегают в терригенно-карбонатных толщах, верхнего и среднего

протерозоя в виде четырех магнетитовых полос: Главной, Никольской, Березовской и Ельничной. Вмещающие магнетитовые тела породы, представленные преимущественно доломитами с прослоями углисто-глинисто-доломитовых сланцев, смяты в складки северо-восточного простирания. Морфология магнетитовых тел в саткинских месторождениях весьма разнообразна; пласто- и линзообразные залежи, гнезде, жилы и прожилки. Преобладающее количество магнетитов сосредоточено в пласто- и линзообразных залежах [1].

В настоящее время основная масса (более 90 %) сырья для производства магнезиальных огнеупоров в России и странах СНГ добывается в карьерах на Карагайском и Волчегорском и других месторождениях магнетитов, несколько различающихся своим составом. Наиболее качественными являются магнетиты Карагайского месторождения, отличающиеся от волчегорских пониженным содержанием оксида кальция, так что обычно в них отношение CaO/SiO_2 меньше единицы. В магнетитах Волчегорского месторождения, наоборот, как правило CaO/SiO_2 больше единицы, что обусловлено более интенсивным развитием процессов гипергенной кальцитизации.

Средний химический состав валовых проб магнетитов приведен в таблице 2, из данных которого видно более высокое технологическое качество карагайских магнетитов [7].

Таблица 2 – Химический состав магнетита Саткинской группы, %

Компоненты	Месторождения					
	Гологорское		Волчегорское		Карагайское	
	пределы колебаний	среднее значение	пределы колебаний	среднее значение	пределы колебаний	среднее значение
MgO	43,17– 47,95	45,02	40,12– 48,10	44,5	44,8– 49,5	46,60
CaO	0,03– 2,62	0,85	0,40– 7,80	1,92	0,10– 2,47	0,81
SiO ₂	0,04– 5,28	0,90	0,02– 1,40	0,72	0,10– 2,18	0,63
Al ₂ O ₃	0,04– 5,46	0,47	0,09– 1,52	0,38	0,04– 5,00	0,40
Fe ₂ O ₃	Следы– 0,94	0,29	Следы– 0,90	0,20	Следы– 0,8	0,25

					2	
--	--	--	--	--	---	--

Окончание таблицы 2

Компоне нты	Месторождения					
	Гологорское		Волчегорское		Карагайское	
	пределы колебаний	среднее значен ие	пределы колебаний	среднее значени е	пределы колебаний	среднее значение
FeO	0,10– 0,98	0,35	0,15	0,60	0,10-0,67	0,21
MnO	0,03– 0,20	0,045	0,01– 0,20	0,05	0,02-0,07	0,045
P ₂ O ₅	Следы– 0,2 7	0,05	Следы– 0,20	0,06	Следы– 0,2 3	0,05
S	Следы– 0,4 9	0,11	Следы– 0,25	0,07	Следы– 0,3 5	0,08
H ₂ O	0,02– 0,80	0,24	0,10– 0,25	0,21	0,02– 0,80	0,22
Δm _{дрк}	47,24– 51,8 1	49,95	46,90– 51,52	49,8	48,5– 51,9	51,0

В ООО «Группа «Магнезит» осуществляется частичное обогащение сырья путем разделения магнезита от доломита и глины по плотности с использованием тяжелых суспензий. Однако низкая эффективность гравитационного обогащения не обеспечивает полного удаления примесных минералов из сырья в связи частым неравномерным тонковкрапленным распределением доломита, кальцита и других примесей в магнезитах. Качество магнезитового сырья, подаваемого на обжиг, определяется содержанием примесей оксида кальция и кремния. В зависимости от содержания SiO и CaO сырье имеет 4 марки, показанной в таблице 3 [7].

Таблица 3 – Технические требования к магнезиту ООО «Группы «Магнезит»

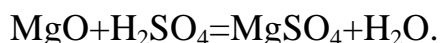
Оксиды	Марка магнезита			
	СМ– 1	СМ– 2	СМ– 3	СМ– 4
MgO, не менее	46,0	45,0	43,0	39,0

SiO ₂ , не более	1,2	1,5	2,4	2,5
CaO, не более	0,8	1,2	2,8	7,0

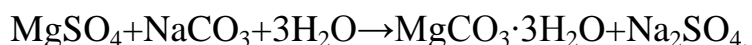
Для повышения содержания MgO в периклазовом порошке ООО «Группа «Магнезит» освоил технологию термического обогащения исходного магнезитового сырья. Сущность которого заключается в предварительном обжиге магнезита во вращающейся печи при температуре, исключающей возможность разложения доломита и кальцита (~1100 °С), удаления не разложившихся карбонатов кальция и других соединений путем классификации и последующего вторичного обжига дисперсного продукта при высоких температурах (1600– 1700 °С) [6].

Повышение качества порошка достигается увеличением размеров кристаллов спеченного MgO, впоследствии чего уменьшаются его удельная поверхность и скорость растворения в шлаке. Поэтому обжиг магнезита стремятся вести так, чтобы получить максимальный размер кристаллов MgO, который достигается повышением температуры и введением добавок (Fe₂O₃, ZrO₂). Рост кристаллов в этом случае происходит за счет процессов рекристаллизации, однако вводимые добавки не всегда улучшают другие свойства [2].

В России на Березнековском и Буйском химзаводах используют серноокислый способ получения оксида магния, основанный на реакции растворения каустического периклаза в серной кислоте:



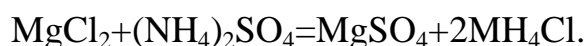
Очищенный сульфат магния содой осаждается в гидрокарбонат магния, который в дальнейшем прокаливают с образованием активного оксида магния.



После прокалики получают техническую жжённую магнезию, которую применяют для производства резины, резиноасбестовых изделий и химических продуктов [1].

В Российском химико-технологическом университете (РХТУ) им.

Д. И. Менделеева разработан сульфатно-аммиачная технология получения оксида магния из бишофитов Волгоградского месторождения. Рассол бишофита смешивают с сульфатом аммония и образуют сульфат магния:



Очищенный сульфат магния осаждают содой с образованием гидрокарбоната магния $\text{Mg}(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, который в дальнейшем прокачивают с образованием активного оксида магния. Декарбонизация материала происходит в интервале 350–730 °С. Полученные порошки имеют размер зерен 5–15 мкм и содержат более 99 % оксида магния на прокаленное вещество. Полученный в производстве хлорид аммония является менее вредным, чем активный хлор или нитрозные газы. На 1 т продукции получают 3–4 т отходов, что в 3–4 раза ниже, чем по солянокислотной технологии Рутнера. Электроплавка оксида магния, полученного по данной технологии, позволяет получать электротехнический периклаз с самыми высокими электроизоляционными свойствами, по сравнению со всеми другими видами синтезированного магниального сырья [6].

Главные источники крупнокристаллического магнезита за рубежом находятся в Китае, Греции, Турции, Югославии, Индии и обнаруженные недавно месторождения в Саудовской Аравии и Гватемале.

Наибольший интерес представляют магниальные месторождения гидротермального-метасоматического типа. Они располагаются в складчатых образованиях, нарушенных дизъюнктивной тектоникой. Снизу залегают доломиты, а сверху известняки. В магнезитах имеются прослойки мергелистых доломитов и мергелистые сланцы. Магнезит образует пласто- и глинообразованные тела, а также гнезда, жилы. Размеры этих тел иногда значительные: до 800 м по простиранию, до 600 м по падению, мощность до 80 м. За рубежом к ним относятся месторождения, расположенные в Австрии и Словакии [6].

Основные месторождения природного магнезита приведены в таблице 4

Китай является одним из крупнейших поставщиков периклазового порошка на российском рынке. Основные запасы сырья магнезита (80 %) сосредоточено в

провинции Ляонин. Для получения качественного периклазового порошка фирма «Liaoning Magnesite Co.» методом флотации получает магнезит, который после двукратного обжига содержит до 98 % MgO и менее 1,5 % SiO₂ [5].

Таблица 4 – Основные зарубежные месторождения магнезита

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

Китайский плавеный периклаз, отличающийся стабильным качеством, свойства которого указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Свойства плавеного периклаза Китая

Сорт	Химический состав, %					Плотность, г/см ³
	MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
1	98	1,0	0,5	–	–	более 3,45

2	97	1,2	1,45	0,5	0,5	более 3,45
3	96	1,5	2	0,7	0,6	более 3,45
4	92	2	5	1	1,3	более 3,45

Китайский периклаз (сорт 2) представлял собой механическую смесь пяти разновидностей периклазового материала различной микроструктуры и минерального состава. Гранулометрический состав 3–5 мм. Полностью проплавленное вещество составляло 80–90 %, остальное – интенсивно спеченный периклаз из корки блоков. Периклаз среднего качества из-за повышенной пористости (до 15%) и наличия недоплава.

Один из крупных производителей магнизиальных продуктов из океанической воды японская фирма «Татехо» (Tateho Chemical Industries Co./Ltd). В качестве сырья используется рапа Мертвого моря.

«Татехо» производит 5 типов плавленного и спеченного периклаза, в том числе монокристаллы марки SSC, имеющие плотность 3,52 г/см³, прочность на сжатие 630 МПа, прочность на изгиб – 140 МПа. Монокристаллы периклаза хорошо пропускают свет в диапазоне 0,2–0,8 мкм и используются в специальных оптических устройствах.

Кроме этого, «Татехо» выпускает полекристаллический плавленный периклаз марки SSB в виде слитков, вырезаемых из блоков. Эти изделия могут работать при температурах 2600 °С противостоя действию серебра, золота, кобальта, меди, никеля, платины, а так же основных шлаков, щелочей и галогенов.

Высококачественный плавленный периклаз марки SSP применяют для производства электрокерамики, на атомных станциях и в ракетах, а марки RНI и RНID используются для магнизиальных цементов.

Периклазовые порошки фирмы «Тетехо» отличаются повышенным содержанием MgO. Для производства огнеупоров выпускается шесть марок периклаза, показанных в таблице 6.

Таблица 6 – Свойства периклаза фирмы «Тетахо» для производства огнеупоров

Показатель	Марка					
	КМА	КМА	КМВ	КМА	КМА	КМВ– ТЕ
Химический состав, %						
MgO	99,1	98,5	98,2	98,5	98	97,3
CaO	0,5	0,9	1,0	1,0	1,0	1,5
Fe ₂ O ₃	0,12	0,20	0,25	0,15	0,2	0,25
Al ₂ O ₃	0,20	0,30	0,30	0,30	0,4	0,30
SiO ₂	0,20	0,40	0,60	0,40	0,50	0,70
Пористость, %	3,00	3,40	3,325	3,20	3,20	3,20
Средний диаметр кристаллов, мкм	200	500	600	1000	1100	1100

Зерновой состав периклазовых порошков этих марок: 5– 3 мм, 3– 1 мм, 1– 0,2мм, 0,2– 0,088 мм, менее 0,088 мм. Для фрикционных изделий выпускается периклаз марки TD– X, содержащий 99,4 % MgO [7].

Фирма «Queensland Magnesia Project» (Q MAG) производит порошки с содержанием 96,9– 97,2 % MgO. В 2000 г. фирма предлагает на рынке несколько классов спеченных порошков которые представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Спеченные периклазовые порошки Австрии

Оксид	Содержание оксида в порошке, КМАА– 95, масс. %		
	супер	экстра	стандартный
MgO	97	96,6	95,3
CaO	2,1	2,3	3
SiO ₂	0,5	0,7	1,2
Fe ₂ O ₃	0,1	0,1	0,15
B ₂ O ₃	0,003	0,003	0,003

Окончание таблицы 7

Оксид	Содержание оксида в порошке, КММА– 95, масс. %		
	супер	экстра	стандартный
Плотность, г/см ³	3,42	3,41	3,3
Размер зерен, мкм	140– 150	105– 130	–
Размер и содержание фракции, %			
+15 мкм	50	50	50
+10 мкм	80	80	80
+1 мкм	96	96	96

В частности, крупнейший европейский изготовитель германская фирма «Динамит Нобель» (Dinamit Nobile Flick) наряду с плавленным периклазом на шести электропечах плавит корунд, муллит, шпинель, оксид циркония, и определить мощности по одному виду продукта в таком случае затруднительно. Все определяет спрос, и «Динамит Нобель» оперативно на него реагирует. Широкий ассортимент продукции повышает экономическую устойчивость производителей в рыночных условиях, и большинство из них следует этому направлению, в том числе и российские предприятия [7].

Фирма «Зульцер Браверс» разработала способ обогащения магнезита, позволяющий получать порошки высокого качества по схеме, показанной на рисунке 1.

Способ основан на выщелачивании каустического периклаза хлоридом кальция и углекислым газом. В результате образуется раствор хлорида магния высокой чистоты, который затем отделяют от выпадающего в осадок карбоната кальция и остатков породы. Раствор после выщелачивания перекачивают в реактор, где хлорид магния подвергается воздействию аммиака и углекислого газа. Образующийся гидрокарбонат магния $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ разлагается при низкой температуре, что обеспечивает получение чистого оксида магния с повышенной химической активностью [7].

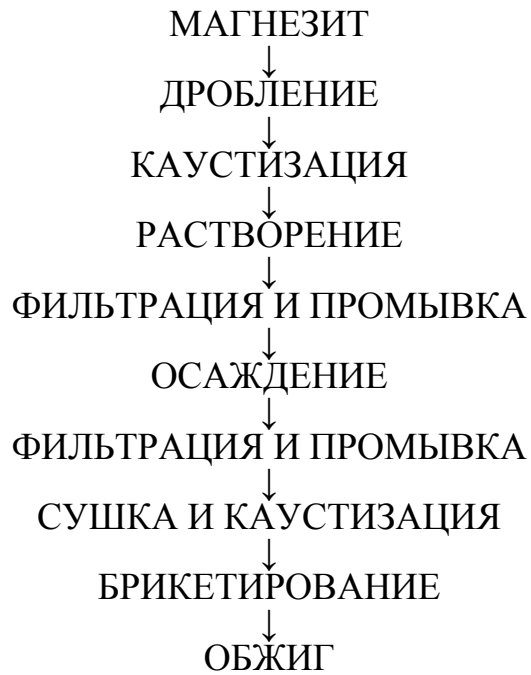


Рисунок 1 – Схема высококачественного периклазового порошка фирмой «Зульцер Браверс»

Способ основан на выщелачивании каустического периклаза хлоридом кальция и углекислым газом. В результате образуется раствор хлорида магния высокой чистоты, который затем отделяют от выпадающего в осадок карбоната кальция и остатков породы. Раствор после выщелачивания перекачивают в реактор, где хлорид магния подвергается воздействию аммиака и углекислого газа. Образующийся гидрокарбонат магния $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ разлагается при низкой температуре, что обеспечивает получение чистого оксида магния с повышенной химической активностью [7].

После брикетирования при 400 °С и обжига в шахтной печи при 2 000 °С получают спеченный порошок с содержанием $MgO > 99\%$ и плотностью 3,35–3,40 г/см³. Процесс «Зульмаг» имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами: применяются менее агрессивные реагенты (аммиак вместо HCl), что увеличивает срок службы установок; процесс мало чувствителен к колебаниям состава исходных материалов; сокращается расход топлива и улучшается экология.

В Словакии выпуск высококачественных спеченных порошков марки Flotmag с флотационной установкой в Kosice производит фирма «Slowmag» (SMZ).

Словацкие магнезитовые заводы являются главными поставщиками периклазового порошка в Европе. В зависимости от условий применения порошки делятся на: порошки для производства огнеупоров и для сталеплавильного производства. Для производства огнеупоров применяют приведенные в таблице 8 марки порошков [7].

Таблица 8 – Порошки Словакии для производства изделий

Марка порошка	Химический состав, масс.%					Зернистость, мм	Плотность г/см ³	Обжиг в печи
	MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃			
JE-1	86,5– 8 8	2,7– 3, 5	0,6– 1, 2	7,5– 8, 5	<0,5	0– 8	3,15– 3,2 5	Вр
JE-2	86,5– 8 8	2,7– 3, 2	0,6– 1, 2	7,5– 8, 5	<0,5	0– 10	3,15– 3,2 5	Шх
JE-S	87,0– 8 9	2,7– 3, 2	0,6– 1, 2	7,5– 8, 5	<0,5	0– 8	3,25– 3,3 5	Вр
JU	86,5– 8 7	2,5– 3, 2	1,5– 2, 2	7,5– 8, 5	<0,5	0– 6	3,15– 3,2 5	Шх
KO	87,0– 8 9	2,7– 3, 2	0,6– 1, 2	7,5– 8, 5	<0,5	0– 8	3,25– 3,3 5	Вр

Завод фирмы работает по процессу Рутнера, основанный на растворении в соляной кислоте низкокачественных магнезитов, хвостов флотации, применении растворов бишофита или других солей с высоким содержанием магния. В полученном растворе находятся примеси (нерастворенные остатки) и хлориды металлов (Fe, Al, Cr, Na, Ca и др.). раствор нейтрализуют активной пылью до pH=4–6, и все трехвалентные металлы осаждаются. Образовавшийся осадок с коллоидно растворенными примесями (SiO₂ и др.) отфильтровывают и утилизируют.

Фильтрат с MgO, и CaCl направляют в пиролиз и получают MgO, который после многократной промывки подвергают каустизации и дальнейшей переработки.

Обжиг брикета производят в шахтной печи при 2 100– 2 200°C.

Основные потребители продукции: германские, польские и венгерские предприятия. Потенциальные потребители – огнеупорные предприятия Западной и Восточной Европы. В 1996 г. на двух вращающихся печах произведено 25 000 тонн высокожелезистого периклаза с содержанием MgO – 88 % и Fe₂O₃ – 6– 8 %. Также производит каустический периклаз с содержанием оксида магния 97,3– 98,0 %, плотностью 3,23 г/см³

Состав периклазовых порошков Бразилии приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Спеченные периклазовые порошки Бразилии

Оксид	Содержание оксида в порошке марки, масс %		
	М 10	М 20	М 30 В
MgO	94,80	95,3	98,4
SiO ₂	1,35	1,35	0,22
CaO	0,49	0,45	0,85
Fe ₂ O ₃	2,14	1,85	0,35
Плотность, г/см ³	3,05	3,30	3,33
Пористость, %	11,9	3,3	1,7
Размер кристаллов, мкм	80	80	140

2 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛАБОСПЕЧЕННЫХ ПЕРИКЛАЗОВЫХ ПОРОШКОВ

2.1 Характеристика сырья

Сырьем для обжига во вращающихся печах являются сырой магнезит марки МИ и МП, полученный после обогащения магнезита в тяжелых суспензиях.

Горная порода магнезит состоит из кристаллического минерала $MgCO_3$. Цвет магнезита белый с сероватым или желтоватым оттенком, иногда снежно-белый, блеск стеклянный, твердость 4–4,5, плотность 2,9–3,1, распространен чаще в виде крупнозернистых агрегатов [4].

Сырой магнезит марки МИ и МП должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 10.

Таблица 10 – Требования к сырому магнезиту марки МИ и МП

Наименование показателей	Марка сырого магнезита	
	МИ	МП
CaO, не более	2,1	4,0
SiO ₂ , не более	1,1	2,0

2.2 Технологическая схема производства

Технологическая схема производства представлена на рисунке

Сырьем для производства слабоспеченных периклазовых порошков служит дробленый и обогащенный магнезит с ДОФ (дробильно - обогатительная фабрика ОАО «Комбината «Магнезит»). Магнезит по канатной дороге в вагонетках подается с ДОФ в приемные бункера участка обжига ЦМП-3. Смесь сырого магнезита из приемных бункеров с помощью автоматических дозаторов КДН- 63, ленточных конвейеров, через сырьевую точку подается во вращающую печь №7.

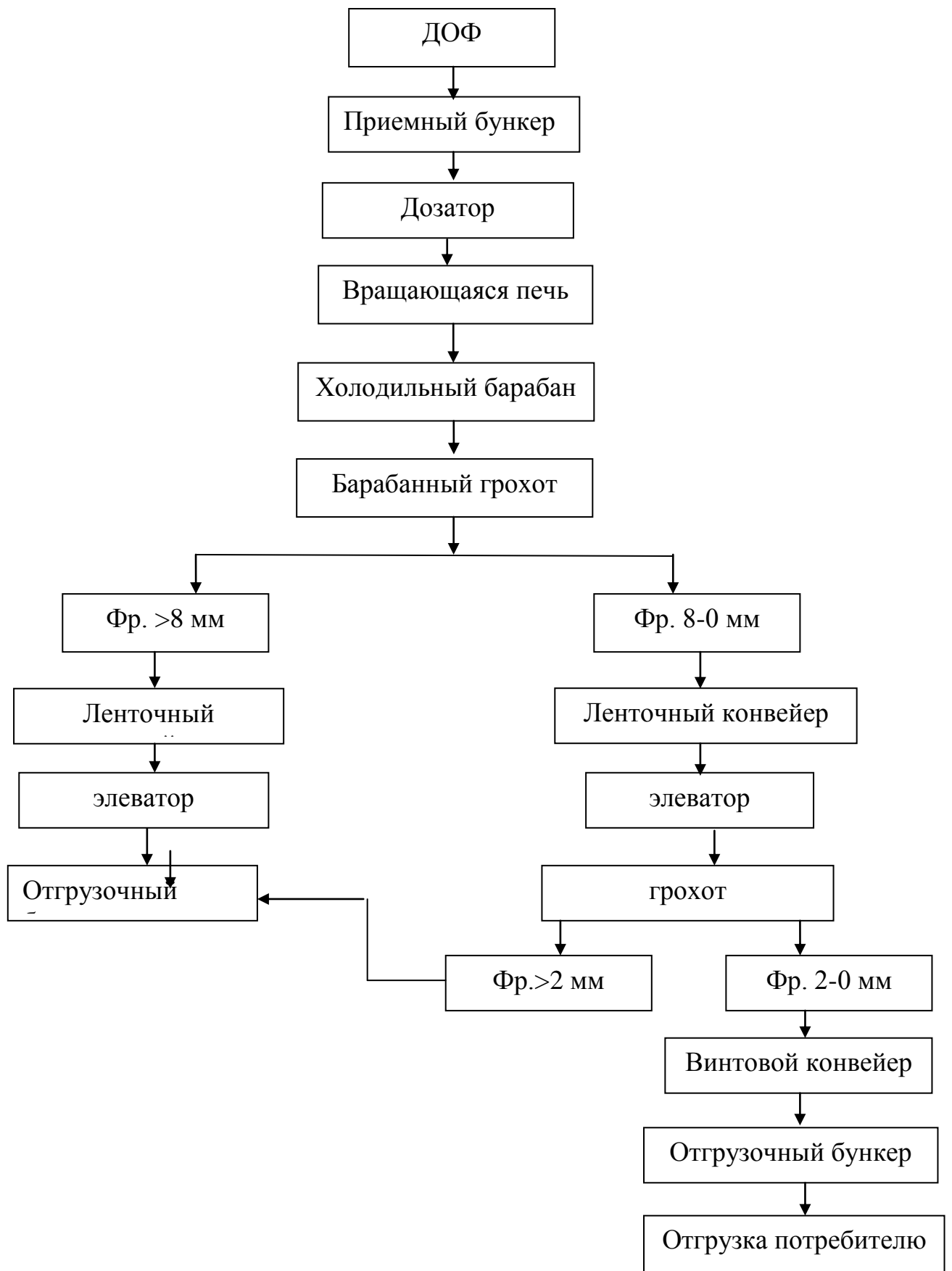


Рисунок 2 – Технологическая схема производства слабоспеченных периклазовых порошков.

При обжиге сырого материала во вращающихся печах при определенных условиях происходит термическое обогащение материала MgO. Дело в том, что магнезит разлагается в интервале температур 520– 600 °С, тогда как доломит при температуре 700– 900 °С. Поэтому, если в печи создается температурный режим, при котором диссоциирует только карбонат магния, то все примеси остаются химически не разрушенными. Разложившийся магнезит составляет мелкую фракцию (мельче 8 мм), тогда как примеси имеют более крупный размер. Температура обжига составляет от 1000 до 1100 °С.

Пройдя процесс обжига, материал остужается в холодильном барабане. Охлаждение осуществляется путем подачи в теплообменных устройствах от материала к воздуху, который проходит через весь холодильник. Воздух как бы «омывает» пересыпающийся порошок, охлаждает его и, нагреваясь, поступает в печь на горение в качестве вторичного воздуха.

Охлажденный до температуры не выше 100 °С материал поступает на барабанный грохот, смонтированные на выходе из холодильника и отсеивается на фракции 8– 0 мм и более 8 мм.

Слабоспеченный периклазовый порошок фракции >8 мм (отвальный продукт) конвейером подается в отгрузочный бункер и вывозится автотранспортом в отвал, так как содержит минимальное количество периклаза.

Слабоспеченный периклазовый порошок фракции 8– 0 мм с помощью ленточных конвейеров и элеваторов подается на грохот ГИЛ– 22, и отсеивается на фракции: 2– 0 мм и >2 мм. Порошок фракции >2 мм выгружается автотранспортом и отправляется на ДОФ, а порошок фракции 2– 0 мм винтовым конвейером подается в отгрузочный бункер для дальнейшей отправки потребителю.

2.3 Предложение по изменению в существующую технологию

При просеивании через штампованные сита готовый продукт при изготовлении слабоспеченного периклазового порошка существует возможность

попадания мелкой фракции 0–8 мм в отвальный продукт (более 8 мм). Для исключения таких потерь производим замену штампованным ситам – барабанный грохот.

Барабанные грохоты предназначены для просеивания минерального сырья. В принцип действия барабанного сепаратора заключается в просеивании мелких фракций сырья через стенки барабана, вращающегося за счет приводных роликовых опор на которых он и установлен. Монтируется корпус барабана под небольшим углом, находящимся в диапазоне 3–8° в зависимости от требуемой производительности гранулометрического состава, необходимого на выходе.

Боковая поверхность представляет собой просеивающую поверхность (листы с перфорацией или сетку) поддаваемый грохочению материал засыпается в рабочую полость барабана, в верхнюю его часть, и за счет вращательного движения барабанного механизма, силы тяжести и его наклона, вещество постепенно перемещается вдоль оси. Мелкодисперсный материал просыпается сквозь отверстия, а более крупный, не подходящий по гранулометрическому составу, изымается в нижней части барабанного грохота [10].

При установке данного оборудования, производство слабоспеченного периклазового порошка будет иметь ряд преимуществ:

- используются мотор-редукторы российских производителей;
- сетки на съемных рамах, что позволяет их легко менять;
- высокая надежность, редко требуется обслуживание.

Техническая характеристика барабанного грохота СП2 производителя СанниМикс (Псков) представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Техническая характеристика барабанного грохота СП2

Наименование	Показатели
Габаритные размеры, мм	
длина	3500
диаметр	1200
Мощность двигателя, кВт	5
Вес, т	1,3
Средняя производительность, м ³ /ч	15

2.4 Материальный баланс производства

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

Выход слабоспеченного периклазового порошка–10 000т/год.

Исходные данные:

- ппп магнезита: 47 %
- влажность магнезита: 5 %
- безвозвратные потери при транспортировке: 1 %
- пылеунос при обжиге: 25 %

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

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

где $Q_{год}$ – годовая производительность, т; q_1 – безвозвратные потери при транспортировке, %

$$Q_1 = \frac{10000 \cdot 100}{100 - 1} = 10101,01 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратных потерь при транспортировке:

$$q_1 \square = Q_1 - Q_{год} = 10101,01 - 10000 = 101,01 \text{ т/год.} \quad (2)$$

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

$$Q_2 = Q_{2од} \cdot 100 : (100 - q_2), \quad (3)$$

где q_2 – потери при прокаливании, %

$$Q_2 = \frac{10101,01 \cdot 100}{100 - 47} = 19058,51 \text{ т/год.}$$

Масса потерь при прокаливании:

$$q_2 \square = Q_2 - Q_{2од} \quad (4)$$

$$q_2 \square = 19058,51 - 10101,01 = 8957,5 \text{ т/год.}$$

3. Подача сырого магнезита в печь с учетом пылеуноса: (5)

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

где q_3 – выносимая пыль; %

$$Q_3 = \frac{19058,51 \cdot 100}{100 - 25} = 25411,35 \text{ т/год.}$$

Масса выносимой пыли:

$$q_3 \square = Q_3 - Q_2 \quad (6)$$

$$q_3 \square = 25411,35 - 19058,51 = 6352,84 \text{ т/год.}$$

Масса улавливаемой пыли:

$$q_3 \square \square = q_3 \square \cdot k / 100,$$

где k – коэффициент полезного действия пылеулавливающего устройства.

$$q_3 \square \square = \frac{6352,84 \cdot 98}{100} = 6225,78 \text{ т/год.}$$

Масса безвозвратно уносимой пыли:

$$q_3 \square \square \square = q_3 \square - q_3 \square \square$$

$$q_3 \square \square \square = 6352,84 - 6225,78 = 127,06 \text{ т/год.}$$

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

$$Q_4 = Q_3 - q_3 \square \square \square + q_3 \square \square \square$$

$$Q_4 = 25411,35 - 6225,78 + 127,06 = 19312,63 \text{ т/год.}$$

4. Подача сырого магнезита в печь с учетом влажности:

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

где q_5 – влажность магнезита, %

$$Q_5 = \frac{19312,63 \cdot 100}{100 - 5} = 20329,08 \text{ т/год.}$$

Масса воды, испаряемой а печи:

$$q_4 \square = Q_5 - Q_4 \quad (11)$$

$$q_4 \square = 20329,08 - 19312,63 = 1016,45 \text{ т/год.}$$

Данные баланса сведем в таблице 12.

Таблица 12 – Обобщенные данные по материальному балансу производства слабоспеченного порошка

Приход			Расход		
Наименование	т/год	%	Наименование	т/год	%
Подача сырого магнетита в печь	20329,08	76,56	Производительность	10000	37,66
Масса улавливаемой пыли	6225,78	23,44	Потери при транспортировке	101,01	0,38
			Потери при прокаливании	8957,5	33,73
Наименование	т/год	%	Наименование	т/год	%
			Масса выносимой пыли	6352,84	23,92
			Безвозвратно уносимая пыль	127,06	0,48
			Испаряемая влага	1016,45	3,83
Итого:	26554,86	100	Итого:	26554,86	100

Невязка баланса равна 0 %.

3 КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Контроль производства складывается из контроля сырья, контроля технологического процесса, контроля готовой продукции [4].

Технический контроль производства осуществляет Управление контроля качества и испытаний (УККиИ), права и обязанности которого определяются Регламентом. УККиИ представляет собой самостоятельное структурное подразделение комбината. Основной обязанностью УККиИ является осуществление контроля качества выпускаемой продукции, строго соответствующая ее стандартам и техническим условиям. УККиИ контролирует соблюдение установленной технологии на всех стадиях производства, а так же поступающих в комбинат сырья и материалов.

Лабораторные работы по контролю технологического процесса возлагается на центральную лабораторию комбината, которая должна выполнять все анализы, осуществлять методическое руководство работой цеховых лабораторий, обеспечивать их реактивами, приборами, аппаратурой. В состав центральной лаборатории входят термомеханический, аналитический, исследовательский, петрографический отделы [4].

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 определяют химический состав, огнеупорность, водопоглощение, влажность, а так же показатели внешнего вида: крупность кусков, наличие видимых засорений .

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

Текущий контроль производства предусматривает:

- соблюдение технологического процесса;
- предупреждение причин, приводящих к браку продукции;
- 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, контролируемые параметры, методы контроля и так далее.

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 [4]. Схема контроля производства слабоспеченного периклазового порошка предоставлена в таблице 13.

Таблица 13 – Контроль технологии производства

Наименование контролируемого материала	Контролируемый параметр	Место отбора проб	Частота отбора проб и определений	Кто производит определения	НД для контроля
Сырой магнезит фр. 0– 40 мм	1. массовая доля оксидов MgO, CaO, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Δm _{прк} 2. массовая доля влаги	ДОФ	1 раз в сутки	УККиИ	ГОСТ 2642.8– 97 ГОСТ 2642.4– 97 ГОСТ 2642.7– 97 ГОСТ 2642.3– 14 ГОСТ 2642.5– 97 ГОСТ 2642.2– 97 ГОСТ Р 55440– 13 ГОСТ 28584– 90
Слабоспеченный периклазовый порошок фр. 0– 8 мм	1. массовая доля оксидов MgO, CaO, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Δm _{прк} 2. массовая доля влаги 3. зерновой состав на сите №40,4	Дозатор печи	2 раз в сутки	УККиИ	ГОСТ 2642.8– 97 ГОСТ 2642.4– 97 ГОСТ 2642.7– 97 ГОСТ 2642.3– 14 ГОСТ 2642.5– 97 ГОСТ 2642.2– 97 ГОСТ Р 55440-13 ГОСТ 28584– 90 НДП МХ 155– 2000 НДП МС 20– 2000
Магнезитовый порошок фр. 0– 8 мм	1. массовая доля оксидов Fe ₂ O ₃ 2. зерновой состав на сите №10,8,5,3,1	Транспортная лента после печи	2 раз в сутки	УККиИ	ГОСТ 2642.5– 97 НДП МС 20– 2000 ГОСТ 277707– 88 ГОСТ 28584– 90

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 Управления контроля качества и испытаний 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 УККиИ.

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 забракования и отделения от годной продукции. По видам производств различают исправимый и неисправимый брак.

Учет и анализ брака позволяет выявить его причины и конкретных виновников, что является неотъемлемой частью рациональной частью 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, оформит его актом. Исправимый брак возвращается в доработку.

4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Основной технологической стадией производства периклазовых порошков является обжиг исходного сырья. Обжиг сырья осуществляется во вращающейся печи. Исходя из заданной по проекту годовой производительности, провели подбор и расчет механического оборудования для технологической линии производства слабоспеченных периклазовых порошков.

4.1 Расчет бункеров

Бункером называется хранилище для сыпучих и кусковых материалов емкостью до 100 м^3 и более. Большая часть бункеров имеет пирамидальную или коническую форму.

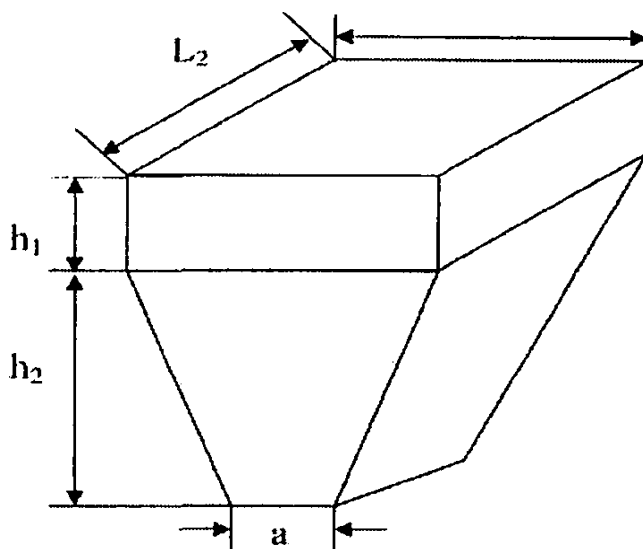


Рисунок 3 – Бункер железобетонный призматический

Бункера над вращающимися печами предназначены для хранения сырья, подаваемого на обжиг во вращающиеся печи.

Количество сырого магнезита, которое должно уместиться в бункере:

$$Q_m = Q_{\text{час}} \cdot K \cdot t, \quad (12)$$

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

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

Необходимый объем бункера

$$V_6 = Q_m : (K \cdot \delta_n) = 178 : (0,8 \cdot 1,8) = 124 \text{ м}^3, \quad (13)$$

где δ_n – насыпная масса, т/м³

Принимаем бункер с объемом 130 м³.

Размер разгрузочного отверстия зависит от максимальной крупности частиц материала и угла естественного откоса материала. Сторона выходного отверстия:

$$a = \kappa(D + 80) \operatorname{tg} \alpha, \quad (14)$$

где κ – коэффициент, учитывающий сыпучесть материала, $\kappa = 2,4 - 2,6$; D – максимальный размер частиц, мм, $D = 40$ мм; α – угол естественного откоса материала, 40°.

$$a = 2,4(40 + 80) \operatorname{tg} 40^\circ = 242 \text{ мм} \quad (15)$$

стороны бункера принимаем 5 м, т.е. $l_1 = l_2 = 5$ м.

высота бункера h_2 рассчитывается по формуле

$$h_2 = \frac{l_1 - a}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{5 - 0,24}{2} \operatorname{tg} 40^\circ = 2,0 \text{ м}. \quad (16)$$

Расчет высоты h_1 :

$$h_1 = \frac{V_6 - \frac{1}{3} \cdot (a^2 + l_1 \cdot l_2 + \sqrt{a^2 \cdot l_1 \cdot l_2})}{l_1 \cdot l_2} \quad (17)$$

$$h_1 = \frac{130 - \frac{1}{3} \cdot (0,24^2 + 5 \cdot 5 + \sqrt{0,24^2 \cdot 5 \cdot 5})}{5 \cdot 5} = 4,9 \text{ м}$$

Принимаем 1 сырьевой бункер со следующими размерами:

$l_1 = l_2 = 5$ м; $a = 0,24$ м; $h_1 = 4,9$ м; $h_2 = 2,0$ м

Отгрузочные бункера используются для хранения готовой продукции.

Количество периклазового порошка которое должно уместиться в бункере:

$$Q_m = Q_{\text{смен}} K, \quad (18)$$

где $Q_{\text{смен}}$ – суточная отгрузка порошка, т/ч; K – расходный коэффициент

$$Q_{\text{сут}} = 10000 : 365 = 27,4 \text{ т} \quad (19)$$

$$Q_{\text{смен}} = 27,4 : 2 = 13,7 \text{ т} \quad (20)$$

$$Q_m = 13,7 \cdot 2,1 = 28,7 \text{ т} \quad (21)$$

Находим объем бункера,

$$V_{\delta} = \frac{Q_m}{K_{\text{зап}} \cdot \delta_n} = \frac{28,7}{0,8 \cdot 1,02} = 35,2 \text{ м}^3, \quad (22)$$

где $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения; δ_n – насыпная масса, т/м³.

Принимаем бункер с объемом 40 м³.

Сторона выходного отверстия

$$a = \kappa(d + 80) \operatorname{tg} \alpha, \quad (23)$$

где κ – коэффициент, учитывающий сыпучесть материала, $\kappa = 2,4 - 2,6$; d – максимальный размер частиц; α – угол естественного откоса материала, 40°

$$a = 2,6 \cdot (2 + 80) \cdot \operatorname{tg} 40 = 179 \text{ мм}$$

Стороны бункера принимаем 5 м

Высота бункера h_2 рассчитываем по формуле:

$$h_2 = \frac{l_1 - a}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{5 - 0,18}{2} \cdot \operatorname{tg} 40 = 2,0 \text{ м}. \quad (24)$$

Расчет высоты h_1

$$h_1 = \frac{V_{\delta} - \frac{1}{3} \cdot (a^2 + l_1 \cdot l_2 + \sqrt{a^2 \cdot l_1 \cdot l_2})}{l_1 \cdot l_2} \quad (25)$$

$$h_1 = \frac{40 - \frac{1}{3} \cdot (0,18^2 + 5 \cdot 5 + \sqrt{0,18^2 \cdot 5 \cdot 5})}{5 \cdot 5} = 1,3 \text{ м}$$

По технологической схеме данного производства принимаем 2 отгрузочных бункера со следующими размерами:

$$l_1 = l_2 = 5 \text{ м}; a = 0,18 \text{ м}; h_1 = 1,3 \text{ м}; h_2 = 2,0 \text{ м}$$

4.2 Выбор ленточного контейнера

Ленточные конвейеры применяют для горизонтального или наклонного (под углом горизонтальной плоскости до 22°) перемещения сыпучих материалов при длине транспортирования до 200 м [8].

Ленточный транспортер состоит из замкнутой гибкой ленты 1, непрерывно движущейся вокруг двух барабанов 2 и 3. Приводной барабан 2 получает вращение от электродвигателя через редуктор и при вращении и тянет на себя верхнюю (груженую) часть ленты. Барабан 3 является натяжным и служит для

натяжение ленты. Чтобы предотвратить нависание ленты, под ней устанавливают роликовые опоры 4, изготовленные из стальных труб. Верхние опорные ролики делают составными–трехроликowymi, одинаковой длины и углом наклона боковых роликов 20°. Роликовые опоры устанавливаются на кронштейнах, смонтированных на станине конвейера.

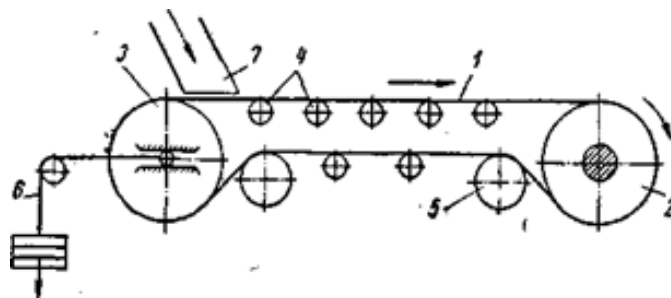


Рисунок 4 – Конвейер ленточный.

1 – лента; 2 – приводной барабан; 3 – натяжной барабан; 4 – роликовые опоры; 5 – вспомогательный барабан; 6 – натяжное устройство; 7 – загрузочный лоток

Материал подается на ленту через загрузочный лоток 7 и перемещается к разгрузочному концу конвейера. Обычно место разгрузки находится у приводного барабана, т.е. при огибании лентой барабана материал сбрасывается с транспортера [8].

По производительности и на основании технологической схемы необходимо 2 ленточных конвейера.

4.3 Выбор дозатора

Для более точного дозирования по массе устанавливаем весовые дозаторы. В огнеупорной промышленности применяют две группы автоматических весов: периодического и непрерывного действия. Для непрерывной подачи сырья 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 конец которого соединен с

весами. Дозируемый материал подается на ленту электровибрационным питателем. Вес материала на ленте транспортера уравнивается грузом, перемещающимся по коромыслу весов, которое соединено с питателем и электрическим редуктором. В случае недостаточного поступления материала на транспортер, левый его конец и соединенное с ним коромысло весов поднимаются кверху. При этом регулятор взаимодействует 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 [8].

Таблица 14 – Техническая характеристика дозатора непрерывного действия

Наименование	Характеристика
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	2935x1320x710
Производительность, т/ч	40
Погрешность дозирования, %	0,5
Наибольшая насыпная масса дозируемого материала, т/м ³	3
Слой дозируемого материала, мм	10– 75
Скорость конвейерной ленты, м/с	0,42– 0,46

Производим расчет дозатора

1. производительность.

$$Q=bh\nu\rho\psi, \text{ кг/с.} \quad (26)$$

Где b – ширина слоя на ленте (ширина ленты), м; h – толщина слоя материала на ленте, м; ν – скорость движения ленты, м/с; ρ – насыпная плотность материала, кг/м³; ψ – коэффициент заполнения, $\psi=0,5-0,9$.

$$Q=1,0 \cdot 0,075 \cdot 0,42 \cdot 1800 \cdot 0,9=51 \text{ кг/с.}$$

2. мощность, расходуемая на перемещение материала.

$$N_1=W(m_0 \cdot \nu + Q \cdot Lr)g, \text{ Вт.} \quad (27)$$

Где W – коэффициент сопротивления перемещению нагруженной ленты, $W=0,02-0,06$; m_0 – масса ленты, кг, $m_0=13$ кг; L_r – горизонтальная проекция ленты, м; g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

$$N_1=0,06(13 \cdot 0,42+51 \cdot 2,94)9,8=91 \text{ Вт}$$

3. мощность, расходуемая на преодоление трения материала о стенки желоба

$$N_2=h^2 l \rho g f v \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg} \theta} \text{ Вт}, \quad (28)$$

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

$$N_2=0,075^2 \cdot 2,5 \cdot 1800 \cdot 9,8 \cdot 1,0 \cdot 0,42 \frac{\cos 40}{\operatorname{tg} 40}=95 \text{ Вт}$$

4. мощность привода ленточного дозатора

$$N=\frac{N_1+N_2}{\eta}, \text{ Вт} \quad (29)$$

Где η – КПД передачи привода, $\eta=0,8-0,9$

$$N=\frac{91+95}{0,9}=207 \text{ Вт}=0,21 \text{ кВт}$$

Количество дозаторов определяется по количеству основных агрегатов. В проекте одна печь, следовательно, устанавливаем два дозатора (один рабочий, другой резервный).

4.4. 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 проекте предусматривается использование одного элеватора типа ЛГ– 250, техническая характеристика которого предусмотрена в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики элеватора ЛГ– 250

Наименование	Показатели
Тип элеватора	ЛГ– 250
Тип ковша	С глубоким цилиндрическим днищем
Высота, мм	15783
Ширина ковша, мм	250
Емкость ковша, л	3,2
Производительность, м ³ /ч	17– 28
Мощность электродвигателя, кВт	10
Скорость движения ковшей, м/с	1,0– 1,6

Необходимое количество элеваторов рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{Q_{год}}{Q_{эл} \cdot k \cdot 365 \cdot 24}, \quad (30)$$

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

$$N = \frac{10000}{17 \cdot 0,91 \cdot 365 \cdot 24} = 0,1 \text{ шт}$$

По технологической схеме данного производства принимаем два элеватора.

4.5 Выбор грохота

Для разделения обожженного слабоспеченного магнезита на фракции в настоящее время применяют грохота типа ГИЛ– 22 (Г – грохот , И – инерционный, Л – легкого типа; первая цифра за буквами указывает на ширину грохота, а вторая цифра означает число сит, то есть 2).

Техническая характеристика грохота ГИЛ– 22 показана в таблице 16.

Таблица 16– Техническая характеристика грохота ГИЛ– 22

Наименование	Показатели
Тип грохота	
Размеры сит, мм	1000x2000
Количество сит, шт	2
Амплитуда колебаний, мм	3– 5
Частота колебаний корпуса, Гц	16
Угол наклона корпуса, град	10– 25
Производительность (в зависимости от крупности разделения), т/ч	0,1– 25
Вес максимальной объемно-насыпной массы просеивающего материала, т/м ³	1,4
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Масса грохота без двигателя, т	2

Подсчитываем количество грохотов, необходимое для потока рассева порошков:

$$N = \frac{Q_{год}}{n \tau k q_{час}}, \quad (31)$$

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

$$N = \frac{10000}{365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 20} = 0,1 \text{ шт}$$

Таким образом, устанавливаем один грохот ГИЛ– 22, разделяющий подаваемый порошок на фракции >2 и фракцию 2– 0 мм.

4.6 Выбор винтового конвейера

Конвейер представляет стационарное транспортное устройство, рабочим органом которого является винт (шнек), вращающийся в закрытом желобе и сообщающий

материалу поступательное движение. Так как шнек расположен в закрытом кожухе, то это позволяет перемещаемый материал изолировать от внешней среды, что уменьшает потери и предотвращает распространение пыли.

Винтовые конвейеры предназначены для прямолинейного либо наклонного транспортирования пылевидных, порошкообразных, зернистых или мелкокусковых грузов.

Техническая характеристика винтового конвейера показана в таблице 17.

Таблица 17 – Техническая характеристика винтового конвейера

Наименование	Показатели
Производительность, т/ч	12– 30
Диаметр винта, мм	250
Шаг винта, мм	250
Частота вращения винта, об/мин	80– 140
Мощность привода, кВт	1,5– 4,0

Необходимое количество винтового конвейера рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{Q_{год}}{Q_{эл} \cdot k \cdot 365 \cdot 24}, \quad (32)$$

где $Q_{год}$ – требуемая годовая производительность, т/год; $Q_{эл}$ – производительность винтового конвейера, т/ч; k – коэффициент использования оборудования.

$$N = \frac{10000}{20 \cdot 0,9 \cdot 365 \cdot 24} = 0,1$$

Устанавливаем один винтовой конвейер.

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВА

5.1 Расчет горения топлива

Основным топливом для вращающихся печей в данном производстве служит природный газ из групп северных месторождений Западной Сибири (Новосибирское).

Таблица 18 – Состав сухого газа Новосибирского месторождения

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	CO ₂	Сумма
98,16	0,7	0,22	0,05	0,82	0,05	100,0

Газ сжигается с коэффициентом расхода топлива $\alpha=1,2$. Воздух идущий для горения, нагревается до температуры 800 °С.

Принимаем содержание влаги в газе 1,0 %. Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ

$$CH_4^{вл} = CH_4^c \cdot \frac{100 - H_2O}{100} \quad (33)$$

$$CH_4^{вл} = 98,16 \cdot \frac{100 - 1}{100} = 97,18 \%$$

Другие составляющие газа остаются без изменений.

Таблица 19 – Состав влажного рабочего газа

CH ₄ ^{вл}	C ₂ H ₆ ^{вл}	C ₃ H ₈ ^{вл}	C ₄ H ₁₀ ^{вл}	N ₂ ^{вл}	CO ₂ ^{вл}	H ₂ O ^{вл}	Сумма
97,18	0,7	0,22	0,05	0,82	0,05	1,0	100,0

Определяем теплоту сгорания газа по формуле

$$Q_H = 358,2CH_4^{вл} + 637,5C_2H_6^{вл} + 912,5C_3H_8^{вл} + 1186,5C_4H_{10}^{вл} \text{ кДж/нм}^3 \quad (34)$$

$$Q_H = 358,2 \cdot 97,18 + 637,5 \cdot 0,7 + 912,5 \cdot 0,22 + 1186,5 \cdot 0,05 = 35516,2 \text{ кДж/нм}^3$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха по формуле

$$L_0 = 0,0476(2CH_4^{вл} + 3,5C_2H_6^{вл} + 5C_3H_8^{вл} + 6,5C_4H_{10}^{вл}) \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (35)$$

$$L_0 = 0,0476(2 \cdot 97,18 + 3,5 \cdot 0,7 + 5 \cdot 0,22 + 6,5 \cdot 0,05) = 9,44 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Принимаем влагосодержание атмосферного воздуха $d=10$ г/кг сухого воздуха

и находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности по формуле

$$L_0^{\square} = (1 + 0,016) \cdot L_0 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (36)$$

$$L_0^{\square} = 1,016 \cdot 9,44 = 9,59 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Действительное количество воздуха при коэффициенте расхода $\alpha = 1,2$ находим по формуле:

а) сухого воздуха

$$L_{\alpha} = \alpha L_0 = 1,2 \cdot 9,44 = 11,32 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (37)$$

б) атмосферного воздуха

$$L_{\alpha}^{\square} = \alpha L_0^{\square} = 1,2 \cdot 9,59 = 11,51 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (38)$$

Определяем количество и состав продуктов горения при $\alpha = 1,2$ по формулам

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01(\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10}) \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (39)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01(0,05 + 97,18 + 2 \cdot 0,7 + 3 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,05) = 0,995 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{H}_2\text{O} + 0,16dL_{\alpha}) \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (40)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(2 \cdot 97,18 + 3 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,22 + 5 \cdot 0,05 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,32) = 2,167 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01\text{N}_2 + 0,79L_{\alpha} \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (41)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01 \cdot 0,82 + 0,79 \cdot 11,32 = 8,951 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21(\alpha - 1)L_0 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (42)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21(1,2 - 1)9,44 = 0,396 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Общее количество продуктов горения составляет:

$$V_{\alpha} = 0,995 + 2,167 + 8,951 + 0,396 = 12,51 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (43)$$

Определяем процентный состав продуктов горения:

$$\text{CO}_2 = \frac{0,995 \cdot 100}{12,51} = 7,9 \% \quad (44)$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{2,167 \cdot 100}{12,51} = 17,3 \% \quad (45)$$

$$\text{N}_2 = \frac{8,951 \cdot 100}{12,51} = 71,6 \% \quad (46)$$

$$\text{O}_2 = \frac{0,396 \cdot 100}{12,51} = 3,2 \% \quad (47)$$

Всего: 100 %

Составляем материальный баланс процесса горения на 100 нм^3 при $\alpha=1,2$
 Материальный баланс горения газа во вращающейся печи предоставлен в
 таблице 19.

Таблица 20 – Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Природный газ		Продукты горения	
$\text{CH}_4=97,18 \cdot 0,717$	69,68	$\text{CO}_2=0,995 \cdot 100 \cdot 1,977$	196,71
$\text{C}_2\text{H}_6=0,7 \cdot 1,356$	0,95	$\text{H}_2\text{O}=2,167 \cdot 100 \cdot 0,804$	174,23
$\text{C}_3\text{H}_8=0,22 \cdot 2,020$	0,44	$\text{N}_2=8,951 \cdot 100 \cdot 1,251$	1119,77
$\text{C}_4\text{H}_{10}=0,05 \cdot 2,840$	0,14	$\text{O}_2=0,396 \cdot 100 \cdot 1,429$	56,59
$\text{CO}_2=0,05 \cdot 1,977$	0,10	невязка	-0,26
$\text{N}_2=0,82 \cdot 1,251$	1,03		
$\text{H}_2\text{O}=1,0 \cdot 0,804$	0,80		
Воздух			
$\text{O}_2=198,2 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	339,87		
$\text{N}_2=745,76 \cdot 1,2 \cdot 1,251$	1119,53		
$\text{H}_2\text{O}=0,16 \cdot 10 \cdot 11,32 \cdot 0,804$	14,50		
Итого:	1547,04		1547,04

Невязка баланса составляет: $\frac{100 \cdot 0,26}{1547,04} = 0,02 \%$

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим
 теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до $t_{\text{воз}}=400 \text{ }^\circ\text{C}$
 при $\alpha=1,2$.

По $i-t$ диаграмме теплота нагрева атмосферного воздуха $i_{\square_{\text{воз}}}=531,8 \text{ кДж/нм}^3$

Тогда

$$i_{\text{общ}} = \frac{35516,2}{12,51} + \frac{531,8 \cdot 11,51}{12,51} = 3328,3 \text{ кДж/нм}^3 \quad (48)$$

По $i-t$ диаграмме находим теоретическую температуру горения при $\alpha=1,2$
 $t_{\text{теор}}=2020 \text{ }^\circ\text{C}$. КолOMETрическая температура горения по этой же диаграмме

при $\alpha=1,2$, $t_k=2050$ °С.

Для сравнения определим коллометрическую температуру горения с помощью таблиц энтальпий. Задаемся температурами $t_1=2000$ ° и $t_2=2100$ °С

При $t_1=2000$ °С

$$\text{CO}_2=0,079 \cdot 4844,4=382,7$$

$$\text{H}_2\text{O}=0,173 \cdot 3925,7=679,1$$

$$\text{N}_2=0,716 \cdot 2965,2=2123,1$$

$$\text{O}_2=0,032 \cdot 3138,6=100,4$$

$$i_1=3285,3 \text{ кДж/нм}^3$$

При $t_1=2100$ °

$$\text{CO}_2=0,079 \cdot 5115,7=404,1$$

$$\text{H}_2\text{O}=0,173 \cdot 4163,5=720,3$$

$$\text{N}_2=0,716 \cdot 3127,7=2239,4$$

$$\text{O}_2=0,032 \cdot 3309,4=105,9$$

$$I_2=3469,7 \text{ кДж/нм}^3$$

$$3469,7 > i_{\text{общ}} > 3285,3$$

$$3469,7 - 3285,3 = 184,4 \text{ соответствует } 100 \text{ °С}$$

$$3328,3 - 3285,3 = 43$$

Δt

$$\Delta t = \frac{43 \cdot 100}{184,4} = 23,3, \text{ отсюда } t_k = 2000 + 23,3 = 2023,3 \text{ °С}$$

Определяем действительную температуру горения при коэффициенте $\eta_n=0,8$

$$i_{\square \text{общ}} = i_{\text{общ}} \cdot \eta_n = 3345,1 \cdot 0,8 = 2676,1 \text{ кДж/нм}^3 \quad (49)$$

5.2 Расчет теплового баланса печи

Влажность сырого магнезита 5%. Размеры печи 3,6х90м. Производительность печи 10,14 т/ч.

Таблица 21 – Химический состав шихты Саткинского месторождения, %

MgO	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	п.п.п.
47,5	1,7	1,2	1,3	47,0

Приход тепла

1. Химическое тепло от горения топлива:

$$Q_{\text{гор}}=Q_{\text{н}}V=35516,2 \cdot V \text{ кВт} \quad (50)$$

где V – расход топлива, $\text{нм}^3/\text{сек}$; $Q_{\text{н}}$ – тепло сгорания топлива;

$$Q_{\text{н}}=35516,2 \text{ кДж/нм}^3$$

2. Физическое тепло воздуха. Считаем, что весь воздух, необходимый для горения, поступает в печь из холодильника с температурой $400 \text{ }^\circ\text{C}$. По расчету горения топлива $L_{\alpha} \square = 11,51 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$, энтальпия $i \square_{\text{воз}} = 531,8 \text{ кДж/нм}^3$, тогда

$$Q_{\text{воз}} = L_{\alpha} \square i \square_{\text{воз}} V = 11,51 \cdot 531,8 \cdot V = 6121 \cdot V \text{ кВт} \quad (51)$$

Расход тепла

1. Расход тепла на нагрев материалов определяем по формуле

$$Q_{\text{м}} = P c_{\text{к}} t_{\text{к}} - P c_{\text{н}} t_{\text{н}} \quad (52)$$

где P – производительность печи по сухому (обожженному) материалу, кг/сек ;
 $c_{\text{к}} = 1,220 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$; $t_{\text{к}} = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура порошка при выходе из печи;
 $c_{\text{н}} = 0,872 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$; $t_{\text{н}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$P_{\text{с}} = \frac{100}{100 - 47} = 1,87 \text{ кг/сек} \quad (53)$$

Секундная производительность печи,

$$P = \frac{10140}{3600} = 2,82 \text{ кг/сек} \quad (54)$$

$$Q_{\text{м}} = 2,82 \cdot 1,22 \cdot 1100 - 1,87 \cdot 0,872 \cdot 15 = 3764 \text{ кВт}$$

2. Расход тепла на испарение влаги

При относительной влажности магнезита $\omega = 5\%$, количество испаряемой влаги находим по формуле:

$$\omega_{\text{вл}} = P \cdot \frac{\omega_{\text{а}}}{100} = P_{\text{с}} \frac{\omega}{100 - \omega} \quad (55)$$

$$\omega_{\text{вл}} = 2,82 \cdot 1,87 \frac{5}{100 - 5} = 0,3 \text{ кг/сек}$$

При температуре уходящих газов $t_{\text{yx}} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ находим расход тепла на испарение и перегрев влаги до температуры уходящих газов

$$Q_{\text{исп}} = (2500 - 4,2 \cdot t_{\text{н}}) \cdot \omega_{\text{вл}} \quad (56)$$

$$Q_{\text{исп}} = (2500 + \frac{968,9}{0,804} - 4,2 \cdot 15) \cdot 0,3 = 12140 \text{ кВт}$$

где 968,9 – теплосодержание влаги при 600 °С; 0,804 – удельная масса водяных паров, кг/м³; 2 500 – скрытая теплота парообразования, кДж/кг; 4,2 – теплоемкость воды, кДж/кг; t_н – температура материала, поступающего в печь, град

3. Расход тепла на химические реакции

$$Q_{\text{хим}} = q_{\text{хим}} + G_{\text{хим}} \quad (57)$$

где q_{хим} – теплота, расходуемая на физико-химические процессы 1 кг исходного химического вещества вне обожженного продукте, кДж/кг; G_{хим} – количество исходного химического вещества в материале, загружаемого в печь, кг/час

$$G_{\text{хим}} = \frac{n \cdot P_c}{100} \quad (58)$$

где n – количество химического вещества в исходном материале, %; P_с – количество сырого материала поступающего в печь, кг/с; q_{хим} = 1310 кДж/кг MgCO₃ – n = 47,5%; q_{хим} = 1780 кДж/кг CaCO₃ – n = 1,7%.

$$Q_{\text{хим}} = 1310 \cdot 47,5 \cdot 0,01 \cdot 1,87 + 1780 \cdot 1,7 \cdot 0,01 \cdot 1,87 = 1220,2 \text{ кВт}$$

4. Потери тепла с уходящими продуктами разложения

$$Q_{\text{дис}} = 0,01 \cdot P_c \cdot (0,4 \cdot \text{CaO} + 0,553 \cdot \text{MgO}) \cdot i_{\text{CO}_2} \quad (59)$$

где MgO и CaO – примерное содержание оксидов в обожженном продукте, %; MgO = 89%; CaO = 3%; i_{CO₂} – теплосодержание CO₂ при t_{yx} = 600 °С; i_{CO₂} = 814,4 кДж/м³

$$Q_{\text{дис}} = 0,01 \cdot 1,87 \cdot (0,4 \cdot 3 + 0,553 \cdot 89) \cdot 814,4 = 768 \text{ кВт}$$

5. Потери тепла с уносом

$$Q_{\text{ун}} = G_{\text{ун}} \cdot C_{\text{ун}} \cdot t_{\text{ун}}, \quad (60)$$

где G_{ун} – теплоемкость уносимой пыли, кг/час; C_{ун} = 1,06 кДж/кг·град; t_{ун} – температура уходящих газов из печи, град

$$G_{\text{ун}} = P_c \cdot \frac{\delta_{\text{ун}}}{100} \cdot (1 - \frac{nnn}{100} \cdot \beta), \text{ кг/с} \quad (61)$$

где $\delta_{\text{ун}}$ – количество уносимой из печи сырьевой пыли, % от расхода сухого сырья, принимаем 10 %, из него 8 % возвращается в печь; p – степень полноты декарбонизации безвозвратного уноса для вращающихся печей 0,3– 0,6, принимаем 0,4; P_c – производительность печи по сухому способу, кг/сек

$$G_{\text{ун}} = 1,87 \cdot \frac{10}{100} \left(1 - \frac{47}{100} \cdot 0,4\right) = 0,15 \text{ кг/сек}$$

Возвращается обратно в печь

$$G_{\square_{\text{ун}}} = 0,8 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ кг/сек} \quad (62)$$

$$Q_{\text{ун}} = 0,15 \cdot 1,06 \cdot (600 - 15) - 0,13 \cdot 1,06 \cdot 50 = 86 \text{ кВт}$$

Расход тепла на декарбонизацию и дегидрацию уноса, выбрасываемого в атмосферу, составляет

$$Q_{\text{ун}}^{\text{Д}} = G_{\text{ун}} \cdot (17,0 \cdot \text{MgO} + 29,64 \cdot \text{CaO}) \quad (63)$$

$$Q_{\text{ун}}^{\text{Д}} = 0,2 \cdot 0,15 (17,0 \cdot 47,5 + 29,64 \cdot 1,7) = 26 \text{ кВт}$$

Продукты дегазации уноса, уходящие с дымовыми газами,

$$Q_{\text{ух}}^{\text{ун}} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot Q_{\text{дис}} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 768 = 38 \text{ кВт} \quad (64)$$

Общие потери тепла с уносом составляют:

$$Q_{\text{ух}}^{\text{об}} = 86 + 26 + 38 = 150 \text{ кВт} \quad (65)$$

6. Потери тепла с уходящими продуктами горения.

Объем продуктов горения

$$V_{\text{дым}} = V \cdot V_{\alpha}, \quad V_{\alpha} = 12,51 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (66)$$

Теплосодержание уходящих дымовых газов при $t_{\text{ух}} = 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $i_{\text{дым}} = 866,3 \text{ кДж/м}^3$

Тогда определяем потери тепла с уходящими продуктами горения

$$Q_{\text{дым}} = V_{\text{дым}} \cdot i_{\text{дым}} = 12,51 \cdot 866,3 \cdot V = 10837 \cdot V \text{ кВт} \quad (67)$$

7. 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 периклазошпинельный кирпич (ПШПЦ), в зонах более низких температур – шамот (ШЦУ). Для подсчета общих тепловых потерь печь 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.

Участок печи с $t=500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (участок подогрева). Футеровка из ШЦУ, толщиной $s_1=200\text{ мм.}$, корпуса печи – сталь, толщиной $s_2=40\text{ мм.}$ Температура окружающего воздуха $t_{\text{воз}}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$. В данном случае, для печи отношение наружного диаметра к внутреннему меньше двух, т.е.

$$\frac{D_n}{D_e} = \frac{3,6}{3,2} = 1,13 \quad (68)$$

поэтому расчет можно вести как для плоской стенки.

Определим тепловое сопротивление слоя. Задаваясь средними температурами $t_{\text{cp}}=500 \cdot 0,8=400\text{ }^{\circ}\text{C}$

Коэффициент теплопроводности для шамота, $\rho=1,2$, $\lambda_1=0,54\text{ Вт/м}\cdot\text{град}$, для стали $\lambda_2=47\text{ Вт/м}\cdot\text{град}$

$$\frac{s_1}{\lambda_1} = \frac{0,2}{0,54} = 0,370\text{ м}^3\cdot\text{град/Вт} \quad (69)$$

$$\frac{s_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{47} = 0,001\text{ м}^3\cdot\text{град/Вт} \quad (70)$$

$$\sum \frac{s}{\lambda} = 0,370 + 0,001 = 0,371\text{ м}^3\cdot\text{град/Вт} \quad (71)$$

Для $t=400^{\circ}$ и $\sum \frac{s}{\lambda} = 0,371\text{ м}^3\cdot\text{град/Вт}$ находим температуру наружной поверхности корпуса, $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, потери тепла $q_{\text{окр}}=0,95\text{ кВт/м}^3$

Участок печи (участок обжига) с наивысшей температурой $t=1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Футеровка ПШПЦ толщиной 270 мм. Температура окружающего воздуха $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Определим тепловые сопротивления слоев. Задаваясь средними температурами $t_{\text{cp1}}=1100 \cdot 0,8=880\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{cp2}}=0,5 \cdot t_{\text{cp1}}=880 \cdot 0,5=440\text{ }^{\circ}\text{C}$

Коэффициент теплопроводности для ПШПЦ $\rho=1,9$, $\lambda_1=1,05\text{ Вт/м}\cdot\text{град.}$, для стали $\lambda_2=47\text{ Вт/м}\cdot\text{град}$

$$\frac{s_1}{\lambda_1} = \frac{0,27}{1,05} = 0,257 \text{ м}^3 \cdot \text{град/Вт} \quad (72)$$

$$\frac{s_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{47} = 0,001 \text{ м}^3 \cdot \text{град/Вт} \quad (73)$$

$$\sum \frac{s}{\lambda} = 0,257 + 0,001 = 0,258 \text{ м}^3 \cdot \text{град/Вт} \quad (74)$$

Для температуры $t=1100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\sum \frac{s}{\lambda} = 0,258 \text{ м}^3 \cdot \text{град/Вт}$ находим температуру наружной поверхности корпуса $t=180 \text{ }^\circ\text{C}$, потери тепла $q_{\text{окр}}=3,1 \text{ кВт/м}^3$

Теплоотдающая поверхность корпуса равна:

$$F = \pi \cdot 3,6 \cdot 90 = 1017 \text{ м}^3 \quad (75)$$

$$\text{тогда } Q_{\text{окр}} = \frac{0,95 + 3,1}{2} \cdot 1017 = 2059 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{неуч}} = 0,02 \cdot Q_{\text{н}} \cdot V = 0,02 \cdot 35516,2 = 710,3 \cdot V \text{ кВт} \quad (76)$$

Составим уравнения теплового баланса и определим расход топлива

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{гор}} + Q_{\text{воз}} \quad (77)$$

$$Q_{\text{прих}} = 35516,2 \cdot V + 6121 \cdot V = 41637,2 \cdot V \text{ кВт},$$

где $Q_{\text{гор}}$ – химическое тепло от горения топлива; $Q_{\text{воз}}$ – физическое тепло воздуха.

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{м}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{хим}} + Q_{\text{дис}} + Q_{\text{ух}}^{\text{об}} + Q_{\text{дым}} + Q_{\text{окр}} + Q_{\text{неуч}}, \quad (78)$$

где $Q_{\text{м}}$ – расход тепла на нагрев материала;

$Q_{\text{исп}}$ – расход тепла на испарение влаги;

$Q_{\text{хим}}$ – расход тепла на химические реакции;

$Q_{\text{дис}}$ – потери тепла с уходящими продуктами разложения;

$Q_{\text{ух}}^{\text{об}}$ – потери тепла с уносом;

$Q_{\text{дым}}$ – потери тепла с уходящими продуктами горения;

$Q_{\text{окр}}$ – потери тепла через кладку в окружающую среду;

$Q_{\text{неуч}}$ – неучтенные потери тепла;

$$Q_{\text{расх}} = 3764 + 12140 + 1220,2 + 768 + 150 + 10837 \cdot V + 2059 + 710,3 \cdot V = 30938,2 + 710,3 \cdot V.$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}} \quad (79)$$

$$41637,2 \cdot V = 20101,2 + 11547,3 \cdot V$$

$$V = 0,668 \text{ нм}^3/\text{сек}$$

Составляем тепловой баланс

Таблица 22 – Тепловой баланс печи

Наименование статей	Количество теплоты		
	кВт	кДж/кг	%
Приход тепла			
Горение топлива $Q_{\text{гор}} = 35516,2 \cdot V$	23725	8423	85,3
Физическое тепло воздуха $Q_{\text{воз}} = 6121 \cdot V$	4089	1452	14,7
Всего	27814	9875	100
Расход тепла			
Нагрев материала $Q_{\text{м}}$	3764	1336	13,5
Испарение влаги $Q_{\text{исп}}$	12140	4310	43,6
Тепло на химические реакции $Q_{\text{хим}}$	1220	433	4,4
Потери с уходящими продуктами разложения $Q_{\text{дис}}$	768	272	2,8
Потери тепла с уносом $Q_{\text{ух}}^{\text{об}}$	150	53	0,6
Потери тепла с уходящими продуктами горения $Q_{\text{дым}}$	7239	2570	26,0
Потери тепла в окружающую среду $Q_{\text{окр}}$	2059	731	7,4
Неучтенные потери $Q_{\text{неуч}}$	475	169	1,7
Невязка	-1	1	0,0
Всего	27814	9875	100

Часовой расход составляет $V_{\square} = 0,668 \cdot 3600 = 2405 \text{ нм}^3/\text{ч}$

Часовой расход газа составляет $2405 \text{ нм}^3/\text{ч}$, при производительности печи $10,14 \text{ т/ч}$, следовательно:

$$\frac{2405 \cdot 10000}{10,14} = 2371795 \text{ нм}^3/\text{год}$$

Для обеспечения производства слабоспеченных периклазовых порошков в количестве 10000 т/год требуется 2371795 нм³/год природного газ Новосибирского месторождения Западной Сибири

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Вращающаяся печь

Для обжига периклазовых порошков применяется вращающаяся печь, она является сложным объектом автоматизации. Но в тоже время автоматизация обеспечивает однородность и высокое качество обожженного порошка. Она позволяет удлинить срок службы футеровки, увеличить коэффициент использования печи и снизить удельный расход топлива.

Назначение систем автоматического регулирования состоит в обеспечении стабилизации качества обжига, снижения расхода топлива и доли ручного труда.

Сложность автоматизации вращающейся печи заключена в том, что объект автоматизации имеет много параметров, каждый из которых каким-то образом влияет на него, причем влияние некоторых из этих параметров практически невозможно определить.

Чтобы повысить управляемость и устойчивость объекта необходимо ограничить количество степеней свободы, то есть зафиксировать как можно большее число параметров. В реальных условиях, чтобы не усложнять систему автоматизации, достаточно зафиксировать параметры, имеющие наибольшее влияние на ход процесса и реализация регулирования которых наиболее проста. К числу таких параметров следует отнести следующие: величина расхода газа, подаваемого в печь, разрежение в канале печи, количество загружаемого сырья.

Для регулирования этих параметров необходимо применить независимые системы автоматического регулирования (САР), способ реализации которых будет зависеть в каждом из случаев от свойств автоматизируемого объекта. К числу остальных параметров можно отнести: влажность, температура, барометрическое давление поступающего в печь воздуха, физические свойства газа, физические свойства загружаемого сырья, скорость протекания процесса обжига, состояние внутренней футеровки, и др.

На основе такой структуры можно построить систему автоматизированного управления всем технологическим процессом. Роль управляющего звена может выполнять человек – оператор или техническое средство – регулятор. В обоих случаях управление осуществляется путем подачи сигналов задания на локальные САР, величину которых определяет либо оператор на основе собственного опыта, либо регулятор на основе заложенного алгоритма.

6.1 Система стабилизации расхода газа

Система стабилизации расхода газа предназначена для поддержания количества газа, поступающего в печь за единицу времени, на заданном уровне вне зависимости от внешних возмущений.

Процесс горения топлива зависит от количества подаваемого в печь воздуха.

Обычно во вращающейся печи воздух попадает от вентилятора высокого давления через холодильник за счет разрежения в печи. Поддержание определенного соотношения между количеством подаваемого воздуха и топлива необходимого для горения, является неременным условием получения максимальной температуры факела, а следовательно, и повышается экономичность процесса горения. Если количество воздуха подается больше, чем необходимо для горения, то температура факела становится ниже и происходит пережог топлива. При подаче меньшего количества воздуха температура факела уменьшается, происходит не полное сгорание топлива. В обоих случаях происходит нарушение указанного соотношения. Необходимое соотношение воздуха и природного газа устанавливается с помощью датчиков этих регуляторов расхода.

На рисунке 5 представлена функциональная схема стабилизации расхода газа.

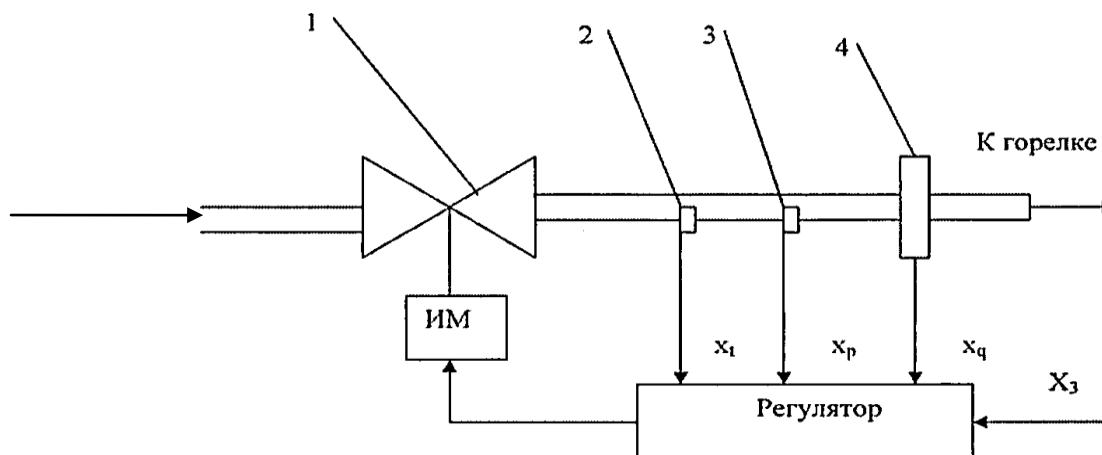


Рисунок 5 – Функциональная схема САР расхода газа

Расход газа, проходящего по газопроводу от ГРП к горелке, регулируется дроссельным клапаном 1. Целью поддержания постоянного расхода является постоянство выделяемой энергии при сжигании топлива. Для этого требуется поддерживать не объемный расход газа, измеряемый датчиком-расходомером 4, а фактический расход газа, который зависит от температуры и давления газа. Эти параметры измеряются датчиками 2 и 3, соответственно.

6.2 Система стабилизации температуры

Температура и давление газа, влияющие на фактический расход газа, являются также важными параметрами при обжиге магнезита. Одно из основных условий нормального обжига материала это поддержание установленных температур по все длине печи. Измерение температур связано затруднениями установки измерительных элементов (термопар), так как они должны вращаться вместе с барабаном печи и обжигаемым материалом, продвигаясь по печи и передачей показаний от термопары к вторичному прибору, расположенному на щите управления работой печи.

Измерение температуры порядка 300-500 °С в зоне подогрева, осуществляется хромель-алюминевыми термопарами, установленными в барабан вращающейся части печи. Рабочий конец термопары соприкасается с обжигаемым материалом и продуктами сгорания и показывает среднее значение. Для эффективного

ведения технологического режима обжига необходимо измерять температуру в зоне обжига, которая достигает 1000-1100 °С.

6.3 Система стабилизации разряжения в канале печи

Система стабилизации разряжения предназначена для поддержания разряжения в канале печи на заданном уровне, вне зависимости от внешних возмущений.

Измерение величины разряжения в канале самой печи затруднено из-за трудности съема показаний датчика, установленного на движущемся объекте. Но измерение непосредственно самой величины разряжения в канале не требуется, так как при постоянстве загрузки сырья, которое определяет величину проходного сечения печи, величина разряжения за пределами барабана печи будет соответствовать величине разряжения в канале. Наиболее близким местом к барабану печи является пылевая камера, поэтому измерение разряжения производится в ней.

На рисунке 6 представлена функциональная схема системы стабилизации разряжения в пылевой камере.

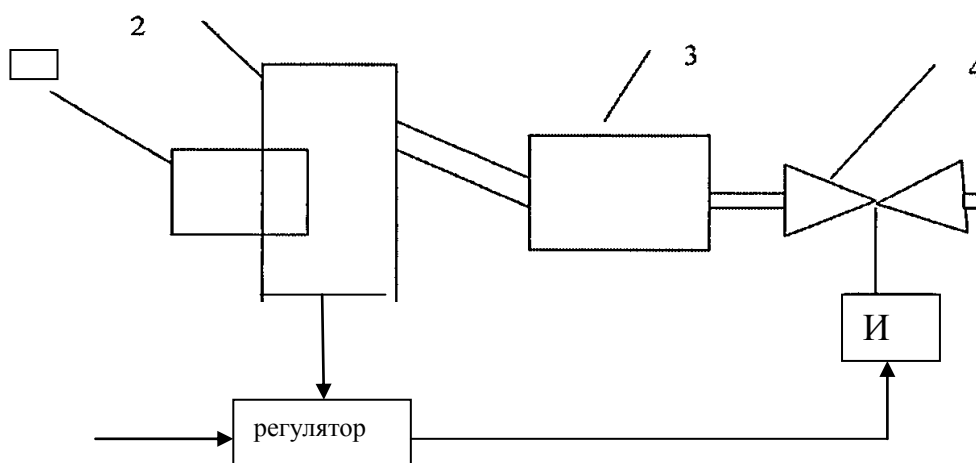


Рисунок 6 – Функциональная система САР разряжения

Продукты сгорания, вытягиваемые дымососом из канала печи 1, проходя через пылевую камеру 2, ряд элементов газоочистных сооружений 3. Создаваемое

дымососом разряжение регулируется с помощью шибера 4, представляющего собой поворотную заслонку, установленную в трубопроводе. Величина разряжений в пылевой камере измеряется датчиком разряжения с выходным сигналом X_p . Кроме этого разряжение в пылевой камере будет измеряться при изменении других параметров, таких как: величина загрузки сырья, расход сжигаемого газа, энергия, выделяемая при сжигании газа, температура окружающего воздуха и др.

В схеме автоматизации предусмотрена звуковая сигнализация при нарушении давления газа в газоходе, падения давления воздуха в воздухопроводе перед горелками, остановка дымососа и отключение электроэнергии. Во всех случаях происходит отсечка газа предохранительными клапанами. Показание вторичных приборов тепловых и технологических параметров работы печи объединены в три основных группы и вынесены на три специальных щита управления обжигальщика, машиниста котла-утилизатора и оператора преобразовательной подстанции участка газоочистки.

6.4 Система стабилизации производительности дозатора

Система предназначена для поддержания количества подаваемого сырья в печь не зависимо от внешних возмущений.

На рисунке 7 представлена функциональная схема стабилизации загрузки на основе конвейерных весов.

Лента 1, поддерживаемая опорными роликами 2, воздействует на подвижный весовой ролик 3 и механически с ним связанный датчик усилия 4. Сила воздействия на датчик определяется весом материала, расположенного между двумя опорными роликами. Привод ленты осуществляется электродвигателем, обычно асинхронным с короткозамкнутым ротором. Производительность дозатора будет зависеть от количества материала, проходящего по ленте за единицу времени и от скорости ее перемещения. Скорость перемещения ленты при условии ее постоянства может не измеряться, но на практике при

использовании разомкнутых систем электропривода такое условие не обеспечивается из-за возможного изменения величины и частоты питающего напряжения. Для обеспечения качественного регулирования следует применять датчики скорости, в простейшем случае – тахогенератор. Подача материала на ленту весов обеспечивается специальным устройством питателем. Такое устройство позволяет регулировать поток сырья подаваемого в печь. Одним из наиболее распространенных типов является вибрационный питатель (вибропитатель), применение которого обусловлено физическим свойством материала – сыпучестью.

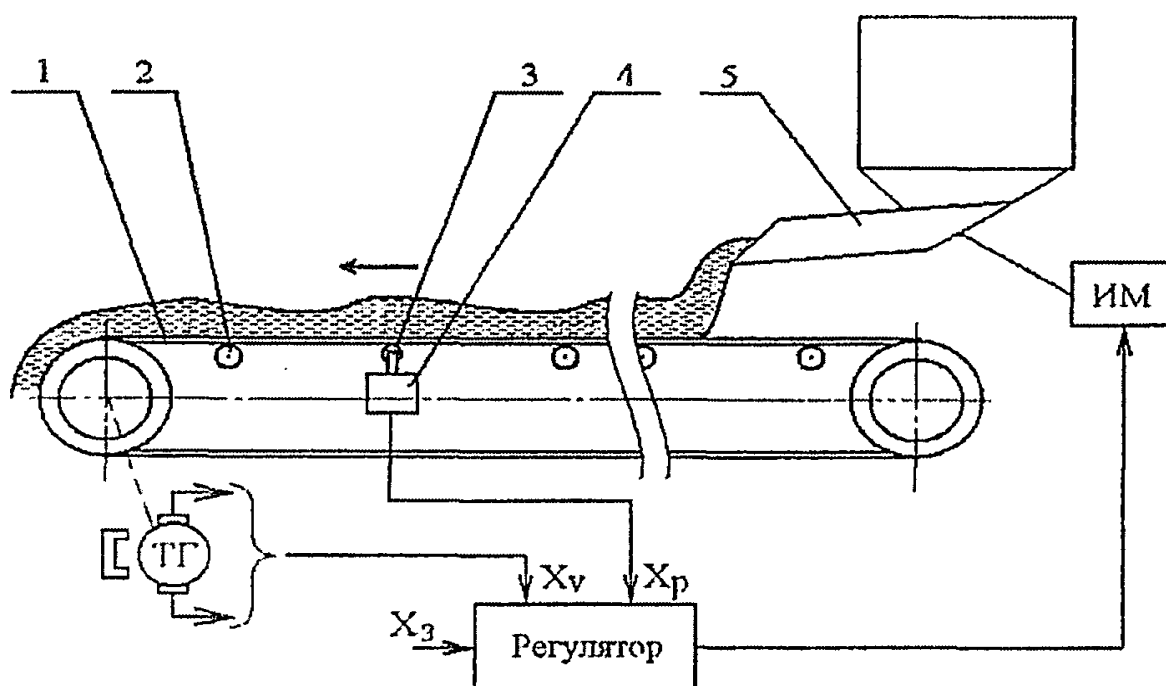


Рисунок 7 – Функциональная схема САР производительности дозатора.

Исполнительным механизмом вибропитателя является система электромагнитов. Одна группа электромагнитов закреплена на лотке вибропитателя и питается переменным сетевым напряжением, другая система электромагнитов закреплена на неподвижном основании и питается постоянным напряжением от тиристорного преобразователя. Изменяя напряжение преобразователя, можно изменять силу взаимодействия электромагнитов, а, следовательно, и амплитуду колебаний, при этом изменяется скорость перемещения материала по лотку. В таком регулирующем элементе тиристорный

преобразователь является усилителем мощности, электромагнит – исполнительным механизмом, а лоток – регулирующим органом. Так как управляющий сигнал на задание напряжения тиристорного преобразователя является аналоговым, то и все устройство является устройством аналогового типа.

- T – температура;
- P – давление или разрежение;
- F – расход;
- W – масса.

Для преобразования избыточного давления, разрежения в унифицированный токовый выходной сигнал применяется датчик Метран-45.

Датчик состоит из измерительного блока и электронного преобразователя. Измеряемый параметр подается в камеру измерительного блока и вызывает деформацию чувствительного элемента мембраны. Деформация мембраны передается тензопреобразователем и вызывает изменение сопротивления его тензорезисторовсоединенных в мостовую схему. Изменение сопротивлений приводят к разбалансу мостовой схемы.

Электрический сигнал, возникающий при разбалансе мостовой схемы, поступает в электронный преобразователь и преобразуется в токовый выходной сигнал пропорциональный величине измеряемого параметра.

Чувствительным элементом тензоприобразователя, является пластина из монокристаллического сапфира с кремневым пленочным тензорезисторами, прочно соединенная металлической мембраной тензоприобразователя.

Экономичность горения топлива зависит от правильной подачи воздуха. Показателем экономичного горения топлива служит содержание кислорода в отходящих газах.

Для контроля содержания кислорода в отходящих газах применяется газоанализатор электрический типа ГЭ-2Усо вторичным приборам МПЩПр-54.

Тяговый режим печи влияет на теплопередачу от потока газа к материалу. Измерение разряжения в холодной головке печи могут вызвать колебания

температуры и ухудшения работы пылеосадительных устройств, увеличение уноса пыли в атмосферу. Уменьшение разряжения в холодной головке печи может вызвать выбивание газа из неплотностей горячей головки. Увеличение разряжения приводит к большим присосам холодного воздуха и к смещению технологических зон в печи. Регулирование разряжения производится воздействием на поворотный шибер перед дымососом.

Большое количество тепла расходуется в печи на испарение влаги. Задача системы автоматического регулирования подачи сырья состоит в соблюдении баланса прихода - расхода тепла при максимально возможной подаче материала.

При автоматическом поддержании температуры у горячей головки печи постоянной можно косвенно определить количество тепла, потребляемого материалом, по температуре в конце печи. В том случае, чем выше температура в конце печи, тем меньше тепла получил материал. В системе автоматического регулирования при повышении температуры отходящих газов регулятор увеличивает расход сырья. Перепад температур в печи обеспечивает примерно постоянное тепловыделение в ней, и подача материала всегда соответствует максимально возможной производительности при данном качестве сырья.

Система автоматического регулирования расхода сырья работает следующим образом: при отклонении полной нагрузки на транспортной ленте, подающей сырья в печь, от заданного значения, поступает сигнал с датчика регистратора веса на электронный преобразователь. Сигнал поступает в контроллер, с контроллера на исполнительный механизм регулятора, который изменяет число оборотов диска транспортной ленты, тем самым обеспечивает заданный весовой расход сырья.

Системой автоматики предусмотрена сигнализация в случаях падения или повышения давления газа, понижения разряжения ниже 7 мм водного столба, повышения температуры на котле-утилизаторе выше 450°C, уменьшения расхода воды в батарее котла, при остановке дымососа. В этих случаях срабатывает защита, отсекается газ и происходит остановка печи.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Негативные факторы и меры защиты от их воздействия

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

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

– движущиеся машины (конвейера, печи), повышенный уровень шума и вибрации (к ним относятся грохота), повышенная температура (так как при производстве порошков используются вращающиеся печи) и пониженная температура воздуха производственных помещений, повышенная запыленность (в процессе обжига выбрасывается значительное количество пыли) и загазованность, переменный электрический ток;

– окись углерода (угарный газ) встречается везде, где существуют условия для неполного сгорания веществ, содержащих углерод. Окись углерода вытесняет кислород из гемоглобина крови, нарушает тканевое дыхание и уменьшается потребление тканями кислорода. Индивидуальные различия в чувствительности к острым и хроническим отравлениям окисью углерода довольно велики. Больше всего при отравлении страдает центральная нервная система. Предельно допустимая концентрация 20 мг/м^3 в соответствии с ГОСТ;

– хром – входит в состав некоторых огнеупоров. Соединения хрома вызывают местное раздражение кожи и слизистых оболочек. Общетоксичное действие выражается поражением печени, почек, желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы. Аллергическое действие появляется в приступах сходных

бронхиальной астмой, а также в развитии кожной сенсibilизации, являющейся причиной «хромовых экзем». При прекращении работы, выздоровление наступает быстро. Предельно-допустимая концентрация окиси хрома 1 мг/м^3 в соответствии с ГОСТ;

– кремнесодержащие пыли, отлагаясь в органах дыхания, обычно вызывают медленно развивающиеся изменения, типа хронических катаров верхних дыхательных путей хронических бронхитов и пневмоканоизов. Предельно-допустимая концентрация 1 мг/м^3 в соответствии с ГОСТ;

– магнезит, действие его пыли на слизистые оболочки приводит к воспалению дыхательных путей. Рабочие, занятые в производстве магнезитового порошка, жалуются на одышку при физической нагрузке, боли в груди, кашель. Также пыль при попадании на кожу ведет к механическому раздражению, пылинки закупорить сальники, и вести к появлению гнойных заболеваний. Предельно-допустимая концентрация пыли не должна превышать для MgCO_3 – 10 мг/м^3 . MgO – 4 мг/м^3 в соответствии с ГОСТ.

Уровень шума, образующийся во время осуществления технологических процессов и вибрации, возбуждаемые работой оборудования (электродвигателей, вентиляторов, машин т.п.), на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.003– 89 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Согласно ГОСТ 12.1.003-89 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» уровень шума не должен превышать 80 дБА.

Повышенное тепловое воздействие на организм человека приводит к перенапряжению его терморегуляторных функций и может вызвать нарушение теплового баланса организма.

Усиленное потоотделение при напряженной мышечной работе в условиях повышенного температурного режима приводит к потере кровью хлористого натрия, являющегося основным элементом, удерживающим в крови воду. Вымывание соединений хлора из организма приводит к понижению кислотности желудочного сока и возникновению желудочно-кишечных заболеваний. Кроме

того, резкое колебание температуры приводит к различным простудным заболеваниям.

Возникновение и появление опасных и вредных производственных факторов взаимосвязано со спецификой технологии, применяемого оборудования и трудовых процессов.

Охрана труда на предприятии является неотъемлемой частью производства и должна обеспечиваться на всех стадиях производственного процесса. Поэтому, все работающие на предприятии обязаны пройти вводный инструктаж по безопасности труда.

Для предотвращения возникновения или появления опасных и вредных факторов, уменьшение или устранения их воздействия, сокращение или локализации опасной зоны применяют технические средства безопасности и промышленной санитарии, составной частью которых являются средства защиты. Средства защиты располагают таким образом, чтобы обеспечить безопасное, то есть наименьшее допустимое расстояние между работающим и источником опасности.

Средства защиты:

– от воздействия механических факторов: оградительные, предохранительные и тормозные устройства, средства автоматического контроля, сигнализации и дистанционного управления, знаки безопасности; средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест: устройства отопления, вентиляции, кондиционирования и дезодорации воздуха, а также локализации вредных факторов и устройства контроля, сигнализации и дистанционного управления;

– от инфракрасных излучений: оградительные, герметизирующие и теплоизолирующие устройства, средства автоматического контроля, сигнализации и дистанционного управления;

– от шума: оградительные звуковые изоляторы и звукопоглощающие устройства, а также глушители шума и средства автоматического контроля, сигнализации и дистанционного управления;

– от вибрации: оградительные, виброизолирующие средства автоматического контроля и сигнализации.

Из перечисленных выше средств защиты наиболее часто применяются оградительные средства, устройства для вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха, предохранительные средства, средства автоматического контроля, сигнализации и дистанционного управления.

Ограждению подлежат все движущиеся и вращающиеся части механизмов, ременные и другие гибкие передачи, токоведущие части оборудования, к которым во время эксплуатации может прикоснуться человек; открытые проемы, люки, лестницы. Оградительные средства просты, надежны и удобны, имеют гладкие поверхности без острых выступающих частей.

Для поддержания необходимых температур воздуха рабочей зоны используют отопительные системы. В качестве дополнительных средств можно использовать обогреватели. Но в проектируемом производстве есть места с повышенной температурой воздуха–рабочее место обжигальщика, комфортность которых надо разрабатывать.

Для уменьшения запыленности рабочих помещений и доведение содержания пыли в воздухе рабочей зоны до предельно-допустимой концентрации предусматривают герметизацию и аспирацию участков, оборудования, выделяющих пыль, и мест перепада сыпучих материалов.

Аспирационные установки обеспечивают удаление опасных и вредных веществ (газов, паров, пыли, аэрозолей) от мест их выделения.

Аспирационные установки должны включаться до пуска технологического оборудования, а отключаться после его остановки с выдержкой времени, исключающей возможность создания в воздухе концентрации вредных и опасных веществ, превышающих ПДК.

Воздух, удаляемый аспирационными системами, содержащий вредные и опасные вещества, перед выбросом в атмосферу подлежат очистке в соответствии с требованиями санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Увлажняют сырье и поддерживают максимальную влажность. Проводят систематическую мокрую и влажную уборку.

Для уменьшения пылеобразования снижают скорость перемещения материала. Скорость движения лент при транспортировке зернистых материалов не должна превышать 2 м/с, молотых – 0,6м/с, кусковых – 1,6м/с. Ширина слоя материала на лентах транспортеров должна быть не более 0,8 ширины ленты.

Для обеспечения безопасности труда на предприятии используют освещение рабочего места.

Естественное освещение положительно влияет не только на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. В связи с этим все помещения в соответствии с санитарными нормами и правилами должны иметь естественное освещение.

Освещение используется рабочее и аварийное. Для обеспечения нормальной, круглосуточной работы, безопасного прохода людей и движения транспорта при отсутствии или недостатке естественного освещения устанавливают рабочее освещение во всех производственных помещениях и на освещенных территориях завода. Для освещения производственных помещений, в которых постоянно находится обслуживающий персонал, применяют газоразрядные источники света (лампы ДРЛ, ДРИ).

При погашении рабочего освещения временное продолжение работы обеспечивается аварийным освещением.

Электробезопасность. Производственный цех относится к помещениям с повышенной опасностью поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.1.019– 79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», поэтому на производстве предприняты следующие меры безопасности:

– все электрооборудование имеет надежную электроизоляцию токоведущих частей и эта изоляция должна иметь сопротивление не менее 1000 Ом на 1 В напряжения;

– корпуса электрооборудования заземлены, сопротивление не превышает 4 Ом, защитное заземление по ГОСТ 12.1.030– 81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление»;

– для установок с напряжением до 1000 В работающих как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью. При выборе режима нейтрали в сетях напряжением до 1000 В руководствуются соображениями экономики, надежности и электробезопасности;

– предусмотрено ограждение всех открытых токоведущих частей, ремонт и эксплуатация производятся согласно правилам технической безопасности электроустановок промышленных предприятий;

– предусмотрены автоблокировочные устройства, ограждающие доступ посторонних лиц к электроустановкам;

– применяются средства индивидуальной защиты (изолирующие штанги, изолирующие клещи и т.д.) согласно «Правилам эксплуатации электроустановок потребителей»

Из средств индивидуальной защиты используются:

– спецодежда. Выдается в зависимости от профессий и условий работы. В местах, где выделяется большое количество пыли, рекомендуется применять пылезащитный комбинезон из плотной хлопчатобумажной ткани;

– спецобувь. Предназначена для защиты ног от ушибов, воздействия агрессивных средств;

– средства защиты органов дыхания. В рабочих помещениях при загрязнении воздуха вредными веществами в концентрациях, меньше предельно-допустимых более чем в 15 раз, применяют фильтрующий универсальный респиратор РУ– 60М, Ф-62Ш, У– 2К, РПГ– 67;

– средства защиты глаз. Средства защиты органов зрения от механических травм, химических и термических ожогов и повреждений лучистой энергией используют предохранительные очки или щитки;

– средства защиты слуха. Для индивидуальной защиты от резкого или продолжительного воздействия шума применяют противошумы: наушники,

бируши, шлемы, заглушки, обеспечивающие ослабление шума до уровня, не превышающего допустимого;

– средства защиты головы. На работах, связанных с опасностью травмирования головы (механические повреждения, поражение электрическим током), в качестве защитного средства применяют различные каски;

– средства защиты рук. Кожный покров рук во время выполнения производственных операций подвергается комбинированному воздействию механических и физико-химических факторов. Наиболее распространенные средства защиты рук: рукавицы брезентовые или комбинированные, хлопчатобумажные и прорезиненные перчатки, вачиги.

Естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур воздуха снаружи и внутри помещения или под действием ветра.

Состояние воздуха рабочей зоны. Технологический процесс сопровождается запыленностью, которая образуется при обработке сырьевых материалов. Для удаления пыли непосредственно в зоне ее выделения предусмотрена герметизация технологического оборудования, установка встроенных местных отсосов, которые при помощи сети воздуховодов объединены в вытяжные аспирационные системы.

Обеспечение мероприятий по технике безопасности предусмотрено в соответствии с нормативно-справочными документами. Безопасные условия труда обеспечиваются :

- применением комплексной механизацией и автоматизацией производственных операций при дистанционном управлении;
- механизацией погрузочно-разгрузочных работ;
- ограждением движущегося оборудования и его вращающихся частей.

7.2 Охрана окружающей среды

Вопросы охраны окружающей среды связаны с загрязнением атмосферы и гидросферы производственными выбросами. Главным производственным выбросом является пыль, содержащая оксид магния.

Загрязнение воздуха магнезитовой пылью приводит к закупориванию пор листьев деревьев, это приводит к гибели растений.

Большие осадки пыли ведут к образованию цементной корки на поверхности земли. Для снижения загрязнения атмосферы нужны технические мероприятия по пылеулавливанию.

В дробильном отделении вместе с вентиляционным воздухом в атмосферу выбрасывается небольшое количество пыли. Чтобы не допустить загрязнения атмосферы, вентиляционный воздух проходит фильтрацию.

Вода в цехе используется в основном на нужды трудящихся и на охлаждения оборудования и не токсична. Вредные выбросы в водные источники отсутствуют.

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

Магнезитовая пыль, которая образуется при дроблении, помоле, транспортировке материала, отлагаясь в органах дыхания, вызывает медленно развивающиеся патологические изменения типа хронических катаров верхних дыхательных путей, хронических бронхитов [11].

Попадание пыли в органы дыхания вызывает образование таких профессиональных заболеваний, как пылевой бронхит, пневмокониоз. Наиболее распространённым заболеванием является силикоз, который возникает при действии пыли свободного диоксида кремния, содержание которого нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [12].

При производстве огнеупорных материалов в помещения и окружающую среду попадает высокодисперсная пыль. Отходящие газы из печей являются запыленными из-за уноса обжигаемого материала из печи. Например, при кальцинации магнезита, значительная часть материала (до 35–45 %) «улетает» вместе с отходящими газами. 80 % всей пыли составляют частицы размером менее 0,06 мм.

Для снижения запыленности воздуха совершенствуют технологию приготовления шихты, герметизируют все технологические аппараты и узлы

пересыпки огнеупорных материалов, увлажняют шихту водой и применяют очистку отходящих газов. Очистку отходящих и аспирационных газов ведут по схеме:

циклон→мультициклон→электрофильтр→вентилятор→атмосфера.

В зависимости от технологических условий схему корректируют в сторону усложнения или упрощения. Циклоны используют для очистки от пыли с размерами частиц 5–6 мкм; более мелкие частицы поступают в тканевые фильтры или электрофильтры, которые способны улавливать частицы размером до 0,01 мкм. В оптимальных условиях степень очистки достигает более 99 %. В некоторых случаях применяют мокрую очистку отходящих газов жидкостью, которая захватывает твердые частицы и удаляет их из потока. При выборе очистных систем учитывают параметры газового потока, пылевую нагрузку, дисперсность пыли, физико-химические свойства пыли и экономические факторы (стоимость оборудования, затраты на монтаж и эксплуатацию и др.).

Пылегазоулавливающая установка – это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из вращающейся печи газопылевого потока каустической пыли.

Установки очистки газа должны работать надежно, бесперебойно и с показателями, соответствующими проектным или полученным в результате наладочных работ.

Меры по предотвращению пылевыбросов в атмосферу, загрязнению сточных вод и водных бассейнов охраняются службами ЗОС (защита окружающей среды).

Огнеупорные предприятия, как правило, имеют отдельные системы оборотного водоснабжения по «чистому» и «грязному» циклам. «Чистые» оборотные циклы служат для потребителей, использующих воду на охлаждение оборудования, в процессе которого вода не загрязняется. «Чистый» оборотный цикл работает по схеме:

нагретая вода→охлаждение на градирне→потребитель.

В «грязные» оборотные циклы поступает вода после уборки помещений и промывки технологического оборудования. Схема очистки «грязного» цикла:

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

Для удаления из вод взвешенных веществ применяют механические методы: отстаивание, фильтрование, осадку и др. Мелкодисперсные и коллоидные примеси удаляют с помощью коагулянтов и флокулянтов.

Удаление трудно осаждаемых частиц производят с помощью фильтров с сетчатыми элементами или зернистым слоем. В качестве фильтрующего материала в последних применяют кварцевый песок, дробленый гравий, коксовую мелочь, торф и т.д.

7.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций

На любом производстве есть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций.

Проектируемый цех находится в Сатке, где сейсмическая опасность отсутствует. Возможность наводнения также исключена. Могут возникнуть аварии, связанные со сбоем работы оборудования, возникновением пожара, взрыва, обрушением здания. В производстве не используются сильнодействующие отравляющие вещества, следовательно, угрозы отравления нет. Предприятие не может нанести значительный экологический урон окружающей среде, который привел бы к ЧС.

Для защиты работающих предусмотрен комплекс мероприятий, чтобы не допустить неблагоприятного воздействия последствий ЧС.

Для защиты работающих в ЧС используются: эвакуация людей, укрытие в защитных сооружениях, использование средств индивидуальной защиты, а также средств медицинской профилактики.

Меры по предупреждению ЧС:

- составлен план по эвакуации персонала предприятия;
- имеется система оповещения о возникновении ЧС;

- пути эвакуации наиболее ценного оборудования;
- легковоспламеняющиеся жидкости хранятся в герметичных емкостях на безопасном от цеха расстоянии, согласно инструкции по хранению ЛВЖ.

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– 94. 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.

Пожарная безопасность на предприятии является одной из важнейших задач любого руководителя. Зачастую сам процесс организации пожарной безопасности вызывает массу затруднений.

Пожарная безопасность предприятия должна предусматривать.

1. Политику предприятия в области пожарной безопасности.
2. Организацию работ по пожарной безопасности.
3. Обязанности должностных лиц в области пожарной безопасности.
4. Обязанности ответственного лица за пожаробезопасность предприятия.
5. Обязанности служащих и рабочих.
6. Организация противопожарной подготовки специалистов, служащих и рабочих.

7. Основные требования пожарной безопасности.

Политика предприятия в области пожарной безопасности должна быть направлена на выполнение следующих задач:

- формирование системы пожарной безопасности, обеспечивающей эффективность мероприятий, направленных на предотвращение и ограничение распространения пожара;
- обеспечение объектов предприятия необходимыми средствами контроля, оповещения и пожаротушения;
- создание условий, направленных на соблюдение работниками требования пожарной безопасности и поддержания противопожарного режима;
- развитие компетентности администрации и работников в области пожарной безопасности;
- не допускать отклонений от стандартов, технических регламентов, принятой практики и процедур выполнения работ, которые могут привести к возникновению возгорания или пожара.

Здания производственных участков относятся ко II степени огнестойкости. Категория взрывопожаробезопасности помещения «Г». Здания оборудованы автоматическими средствами пожаротушения и пожарной сигнализацией.

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 помещения расположены пожарные краны, а также углекислые и пенные огнетушители. Принятые объемно-планировочные и конструкционные решения обеспечивают, в случае возникновения пожара, безопасную эвакуацию людей из помещений. Двери на пути эвакуации открываются наружу.

Все мероприятия по обеспечению пожаробезопасности соответствуют СНиП 21– 01– 97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

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. Пожарная безопасность. Общие требования» [13].

Все мероприятия по обеспечению безопасности соответствуют ГОСТ 12.2.037– 78 «ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности».

1. Уровень запыленности и содержания 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. Помещение цеха достаточно просторно, что создает хорошие условия для циркуляции воздуха и своевременного удаления тепла, влаги, вредных веществ.

6. Освещение цеха считать достаточным.

7. Защита рабочих от последствий различных чрезвычайных ситуаций достаточно надежна.

Таким образом, в соответствии с запроектированными техническими и организационными мероприятиями на производстве обеспечиваются оптимальные, здоровые условия труда; исключаются чрезвычайные ситуации.

8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА

8.1 Организация труда и заработной платы

Для расчета численности работающего персонала требуется составить проектный баланс рабочего времени одного рабочего. Для этого необходимо определиться со следующими исходными данными:

- календарное число дней в году;
- режим работы отделения;
- графики выходов;
- сменность работы;
- количество нерабочих (выходных и праздничных) дней;
- количество невыходов по болезни и дней на выполнение государственных обязанностей.

Разрешенными законом не целодневными потерями рабочего времени (сокращенный рабочий день подростков, перерывы кормящим матерям) – незначительны в среднем на одного рабочего, поэтому в проектном расчете ими можно пренебречь.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Балансы рабочего времени

Рабочее время	Производственные работники	Руководители, ИТР
Календарные дни	365	365
Выходные дни	92	105
Праздничные дни	–	10
Номинальный фонд рабочего времени	273	250

Окончание таблицы 23

Рабочее время	Производственные работники	Руководители, ИТР
Невыхода всего: в том числе	50	36
– очередной отпуск	42	28
– болезни	5	5
– государственные обязанности	2	2
– прочие невыходы	1	1
Эффективный фонд рабочего времени	223	214

Коэффициент списочного состава:

$$K_{\text{сп}} = D / T_{\text{эф}}, \quad (80)$$

где D – номинальный фонд рабочего времени, дни; $T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд рабочего времени, дни

$$K_{\text{сп1}} = 273 / 223 = 1,2;$$

$$K_{\text{сп2}} = 250 / 214 = 1,2.$$

Явочная и списочная численность рабочих определяется по формулам:

$$N_{\text{яв}} = \text{НО} \cdot n \cdot m, \quad (81)$$

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

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} \cdot K_{\text{сп}}; \quad (82)$$

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

В таблице 24 приведена расстановочная ведомость по производству слабоспеченных периклазовых порошков.

Таблица 24 – Расстановочная ведомость

Наименование профессии	Разряд	Количество о рабочих	$K_{\text{сп}}$	Списочный состав, чел
Обжигальщик	6	4	1,2	5
Помощник обжигальщика	5	4		5
Транспортерщик	4	8		10
Дозировщик	3	4		5
Машинист холодильника	4	4		5
Итого:	–	24		30

Для обслуживания цеха по производству слабоспеченных периклазовых порошков необходимая численность производственных рабочих составляет 30 человек.

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

В качестве примера рассмотрим расчет заработной платы обжигальщика:

- продолжительность смены: 11 часов 15 минут (11,4 часа);
- действительный фонд рабочего времени: 273 дня;
- годовой фонд рабочего времени: $273 \cdot 11,4 = 3112,2$ часов;
- часовая тарифная ставка: 76,39 руб./час;
- заработная плата по тарифу: $3112,2 \cdot 76,39 \cdot 4 = 950963,8$ руб.;
- доплата за работу в ночное время (40%): $950963 \cdot 0,4 = 380385,5$ руб.;
- доплата за работу в праздничные дни: $76,39 \cdot 10 \cdot 24 = 18333,6$ руб.;
- доплата за вредность (18%): $950963,8 \cdot 0,18 = 171173,5$ руб.;
- премия за 100 %-ное выполнение плана (70 %):
 $(950963,8 + 380385,5 + 18333,6 + 171173,5) \cdot 0,7 = 944778,1$ руб.;

– основная заработная плата за год: $950963,8+380385,5+18333,6+$
 $+171173,5+944778,1=2465635$ руб;

– заработная плата с уральским коэффициентом (15 %): $563973 \cdot 1,15=$
 $=2835480$ руб.

Остальные расчеты в таблице 25.

Таблица 25 – Фонд заработной платы производственных рабочих

	Обжигальщик	Помощник обжигальщика	Транспортерщик	Машинист холодильника	Дозировщик	Итого
Кол-во человек	4	4	8	4	4	24
Разряд	6	5	4	4	3	–
Тариф, руб.ч	76,39	58,74	36,93	37,51	35,30	–
Фонд рабочего времени	3112,2	3112,2	3112,2	3112,2	3112,2	–
З/плата по тарифу, руб.	950 963,8	731 242,5	919 468,4	466 954,5	439 442,6	3 508 072
Доплата за ночные, 40 %, руб.	380 385,5	292 497,0	367 787,4	186 781,8	175 777,0	1 403 229
Доплата за праздничные дни, руб.	18 333,6	14 097,6	17 726,4	9 002,4	8 472,0	67 632
Доплата за вредность (18 %), руб.	171 173,5	131 623,7	165 504,3	84 051,8	79 099,7	631 453
Премия, 70 %, руб.	944 778,0	726 486,0	913 487,5	463 917,1	436 584,1	3 485 253
Основная з/плата за год	2 465 635	1 895 947	2 366 248	1 210 708	1 139 375	9 077 913
ФОТ за год с ур-м коэфф.,(15 %), руб.	2 835 480	2 180 339	2 721 185	1 392 314	1 310 282	10 439 600

Окончание таблицы 25

	Обжигальщик	Помощник обжигальщика	Транспортерщик	Машинист холодильника	Дозировщик	Итого
Отчисления на страховые взносы (30 %), руб.						3 131 880
Итого						13 571 480

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

Таблица 26 – Фонд оплаты труда руководителей, ИТР.

Должность	Кол-во штат, ед	Оклад месячный, руб	Основная зарплата, руб	Уральский коэф-т, (15 %), руб	Общая зарплата за год, руб.
Начальник цеха	1	58 000	58 000	8 700	800 400
Технолог	1	40 000	40 000	6 000	552 000
Мастер	4	20 000	80 000	12 000	1 104 000
Всего					2 456 400
Фонд с учетом дополнительной з/п (14 %)					2 800 296
Отчисления на страховые взносы (30 %)					840 089
Итого					3 640 385

8.2 Расчет капитальных затрат

Определяется количество материалов, необходимых для ведения технологического процесса, и цены за единицу продукции. Затраты на сырьё и материалы представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет энергетических затрат

Наименование	Норма расхода на ед. продукции	Потребляемое количество	Цена за 1 м ³	Сумма, руб
Газ	184	1 840 000	3,8	6 992 000

Расход материальных ресурсов и покупных комплектующих для планируемого годового выпуска порошка приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Потребность в материальных ресурсах

Наименование ресурса	Количество, т	Цена за 1 тонну, руб	Сумма, руб.
Магнезит сырой	20 329,08	2 000	40 658 160
Всего			40 658 160

Под конкретные технологические операции подбираем оборудование, необходимое для обеспечения производственного цикла, а так же здания и составим таблицу по оценке стоимости основных фондов цеха по производству слабоспеченных периклазовых порошков.

Рассчитаем годовую сумму амортизационных отчислений на выбранное технологическое оборудование.

В таблице 29 приведена общая стоимость оборудования и годовая сумма амортизации основных средств.

Таблица 29 – Расчет амортизации

Основные средства	Кол-во	Балансовая стоимость основных средств, тыс. руб.	Стоимость основных средств, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, тыс. руб.
1. Печь	1	18 000	18 000	16	2 280
2. Дозатор	1	950	950	10	95
3. Конвейерная лента	2	1 050	2 100	20	420
4. Элеватор	2	940	1 880	8	150,4
5. Грохот ГИЛ- 22	1	460	460	11	50,6
6. Холодильный барабан	1	1 670	1 670	15	250,5
7. Бункер	3	37	111	7	7,77
8. Винтовой конвейер	1	68	68	8	5,44
9. Барабанный грохот	1	1 200	1 200	11	132
Итого			26 439		3 391,71

Затраты на электроэнергию.

Годовой расход электроэнергии определяется исходя из мощности установленных двигателей по всем агрегатам и их годового фонда рабочего времени. Цена за 1кВт = 4,5 руб.

Расчет количества электроэнергии грохота в год определяется по формуле:

$$\sum W = W_{об} \cdot t_{сут} \cdot T, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (83)$$

где $W_{об}$ – мощность двигателей, кВт; $t_{сут}$ – время работы в сутки, ч.; T – время работы в году, дни.

$$\sum W = 5,5 \cdot 24 \cdot 350 = 46\,200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Стоимость электроэнергии

$$D = \sum W \cdot C, \text{ тыс.руб,} \quad (84)$$

где C – цена за один кВт, 4,2 руб.

$$D = 46\,200 \cdot 4,5 = 207\,900 \text{ рублей.}$$

Стоимость остальных потребителей электроэнергии сводим в таблицу 30.

Таблица 30 – Расчет стоимости электроэнергии

Наименование оборудования	Кол-во ед.	Мощность, кВт	Общая мощность, кВт	Расход в год, тыс. кВт	Общая стоимость, тыс. руб.
1. Печь	1	120	120	1 008,000	4 536
2. Дозатор	1	6,5	6,5	54,600	245,7
3. Конвейерная лента	2	5,5	11	92,400	415,8
4. Элеватор	2	10	20	168,000	756
5. Грохот	1	5,5	5,5	46,200	207,9
6. Холодильный барабан	1	83	83	697,200	3 137,4
7. Винтовой конвейер	1	7,5	7,5	63,000	283,5
8. Барабанный грохот	1	40	40	336,000	1 515
Итого	10		293,5		11 097,3

Сводный расчет сметы расходов предоставлен в таблице 31.

Таблица 31 – Сводный расчет сметы расходов

№ п/п	Наименование показателей	Выпуск продукции	
		В натуральном выражении	В стоимостном выражении, руб
1	Объем продаж по отпускным ценам	10 000	109 500 000
2	Себестоимость всего, в том числе	10 000	88 490 145

Окончание таблицы 31

№ п/п	Наименование показателей	Выпуск продукции	
		В натуральном выражении	В стоимостном выражении, руб
2.1	Переменные затраты:		72 318 940
2.1.1	Сырье всего, в том числе		40 658 160
	– сырой магнезит	20 329,08	40 658 160
2.1.2	Энергоресурсы всего, в том числе		18 089 300
	– природный газ	1 840 000	6 992 000
	– электроэнергия	293,5	11 097 300
2.1.3	ФОТ производственных рабочих		13 571 480
2.2	Постоянные затраты		16 171 205,1
2.2.1	ФОТ руководителей, ИТР		3 640 385
2.2.2	Амортизация		3 391 710
2.2.3	Расходы на текущий ремонт		2 035 026
2.2.4	Расходы на охрану труда		1 721 186,5
2.2.5	Общехозяйственные расходы		2 581 779,6
2.2.6	Расходы на освещение и вентиляцию		2 219 460
2.2.7	Налог на имущество		581 658
3	Прибыль балансовая		21 009 855
4	Налог на прибыль (20 %)		4 201 971
5	Чистая прибыль		16 807 884

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

$$3\,391\,710 \cdot 0,6 = 2\,035\,026 \text{ руб.}$$

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

$$17\,211\,865 \cdot 0,1 = 1\,721\,186,5 \text{ руб.}$$

Общехозяйственные расходы составляют 15% от фонда оплаты труда:

$$17\,211\,865 \cdot 0,15 = 2\,581\,779,6 \text{ руб.}$$

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

$$11\,097\,300 \cdot 0,2 = 2\,219\,460 \text{ руб.}$$

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

$$26\,439\,000 \cdot 0,022 = 581\,658 \text{ руб.}$$

8.3 Расчет рентабельности

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

Рентабельность продукции:

$$P_{\text{прод}} = \Pi / C \cdot 100 \%, \quad (85)$$

где Π – прибыль, руб.; C – полная себестоимость продукции, руб.

$$P_{\text{прод}} = 21\,009\,855 / 88\,490\,145 \cdot 100\% = 23,7 \%$$

Определяем срок окупаемости

$$T_{\text{ок}} = \sum K / \Pi_6, \quad (86)$$

где K – сумма капитальных вложений, Π_6 – балансовая прибыль, руб.

$$26\,439\,000 / 21\,009\,855 = 1,26 \text{ год}$$

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений определяется по формуле, E_0 :

$$E_0 = \Pi_6 / K = 1 / T_{\text{ок}}, \quad (87)$$

$$E_0 = 1 / 1,26 = 0,79.$$

Капитальные вложения будут эффективны когда срок окупаемости не выше, нормативного, а коэффициент экономической эффективности не меньше нормативного, таким образом соблюдается условие: $T_{\text{ок}} < T_n$ и $E_0 > E_n$.

В расчётах рекомендуется принимать: $T_n=7$ лет; $E_n=0,15$.

В нашем случае: $1,26 < 7; 0,79 > 0,15$.

Вывод: капитальные вложения будут эффективны, так как условия выполняются.

Сводный расчёт сметы доходов и расходов представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Сводные технико-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Величина показателя
1	Годовой объем выпуска продукции	тонн	10 000
2	Количество работающих всего, в том числе	чел.	30
	– производственных рабочих	чел.	24
	– руководители, ИТР	чел.	6
3	Производительность (в год):		
	– на 1 ППП	тонн	333,3
4	ФОТ	руб.	17 211 865
	– производственных рабочих	руб.	13 571 480
	– руководителей, ИТР	руб.	3 640 385
5	Количество технологического оборудования	шт.	10
6	Балансовая стоимость оборудования	руб.	26 439 000
7	Суммарная мощность оборудования	кВт	293,5
8	Коэффициент загрузки оборудования		0,8
9	Себестоимость годового выпуска продукции	руб.	88 490 145
	– постоянные затраты	руб.	16 171 205
	– переменные затраты	руб.	72 318 940
10	Себестоимость единицы продукции	руб	8 849
11	Прибыль	руб.	21 009 855
12	Чистая прибыль	руб.	16 807 884
13	Рентабельность производства	%	23,7
14	Срок окупаемости	год	1,26

Таким образом, с учетом предложенного изменения существующую технологию производства слабоспеченных периклазовых порошков, себестоимость продукции составила 8 849 рублей за тонну, рентабельность производства при этом составляет 23,7 %, а срок окупаемости 1,26 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была рассмотрена реконструкция технологической линии по производству слабоспеченного периклазового порошка с годовой производительностью 10 000 т/год.

Для реконструкции необходимо было заменить штампованные сита на барабанный грохот.

Были выполнены и раскрыты следующие поставленные цели и задачи.

1. Приведен сравнительный анализ производства слабоспеченных периклазовых порошков отечественного и зарубежного производства.

2. Основными стадиями в технологии получения спеченных периклазовых порошков являются следующие операции: подача сырья – обжиг – рассев. Обжиг осуществляется при температуре 1100 °С.

3. Предложена технология производства слабоспеченных периклазовых порошков

4. Для производства слабоспеченных периклазовых порошков применяются следующие исходные материалы:

– магнезиты марки МП, МИ фр. 40– 0 мм

5. Рассмотрена автоматизация процессов вращающейся печи, приведена общая схема автоматизации.

6. Подобрано теплотехническое оборудование с учетом предложения изменения в технологии и определено количество единиц механического оборудования, исходя из годовой производительности готовой продукции.

7. Разработан текущий контроль производства.

8. В результате предложенных изменений в технологии рентабельность проекта составляет 23,7%, срок окупаемости 1 мес.

9. В безопасности жизнедеятельности рассмотрены негативные факторы производства и меры от их воздействия, охрана окружающей среды и ликвидация чрезвычайных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кащеев, И.Д. Производство огнеупоров / И.Д. Кащеев. – М.: Metallurgy, 2004. – 352с.
2. Кащеев, И.Д. Свойства и применение огнеупоров / И.Д. Кащеев. – М.: Теплотехник, 2004. – 352с.
3. Силенок, С.Г. Механическое оборудование предприятий строительной индустрии / С.Г. Силенок. М.: Стойиздат, 1973. – 374с.
4. Кащеев, И.Д., Стрелов, К.К. Испытание и контроль огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 286с.
5. Воскобойников, В.Г., Кудрин, В.А., Якушев, А.М. Общая металлургия / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев, - М.: Metallurgy, 2002. – 768с.
6. Кащеев, И.Д., Стрелов, К.К., Мамыкин, П.С. Химическая технология огнеупоров / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – 752с.
7. Хорошавин, Л.Б., Перепелицин, В.А., Кононов, В.А. Магнезиальные огнеупоры. Справочник / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицин, В.А. Кононов, - М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 547с.
8. Севостьянов, В.С., Богданов, В.С., Дубинин, Н.Н., Уральский, В.И. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий / В.С. Севостьянов, В.С. Богданов, Н.Н. Дубинин, В.И. Уральский, - М.: ИНФРА-М, 2005. – 432с.
9. Левченко, П.Л. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П.Л. Левченко, М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 366с.
10. Интернет источник: . <http://drobix.ru/grohoty-barabannye/>
11. Константинов, В.М. Охрана труда: справочник / В.М. Константинов. – М.: Академия, 2000. – 80 с.
12. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общесанитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
13. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений

14. Ильевич, А. П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров / А.П. Ильевич. - М.: Высшая школа, 2009.-128с.
15. Ксендзовский, В.Р. Автоматизация печей огнеупорной промышленности / В. Р. Ксендзовский. -М. : Металлургия, 2007.-364с.
16. Откида, В.В. Охрана труда в огнеупорной промышленности / В.В. Откида. -М.: Техника, 2002 -25 8с.
17. Стоянова, Е.П. Финансовый менеджмент / Е.П. Стоянова.-М.: 2004.-158с.
18. Певзднер, М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзднер, В.П. Костовецкий. - М.: Недра, 2000.-397с.

