

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Совершенствование технологии производства флюса ФОМ путем замены
дозаторов марки «ЛДА» на марку «4488 ДН-У Агроэсорт»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент

_____ Т.В. Баяндина
_____ 2020 г.

Автор работы
студентка группы ДО – 509

_____ А.В. Васильева
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель

_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Кафедра «Техника, технологии и строительство»
Направление 18.03.01 – Химическая технология

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Васильевой Анастасии Вячеславовны

(Ф.И.О. полностью)

Группа ДОз-509

1 Тема работы

Совершенствование технологии производства флюса марки ФОМ путем

замены дозаторов марки «ЛДА» на марку «4488 ДН-У Агроэскорт»

(название)

утверждена приказом по университету от 24.04. 2020 г. № 627

2 Срок сдачи студентом законченной работы 26.06.2020

3 Исходные данные к работе

3.1 Существующая технология производства

3.2 Годовая производительность по готовой продукции

3.3 Материалы курсовой работы по дисциплине

«Практикум по виду профессиональной деятельности»

3.4 Материалы курсового проекта по дисциплине «Практикум по виду профессиональной деятельности»

3.5 Материалы курсового проекта по дисциплине «Расчет печей и сушил»

3.6 Материалы преддипломной практики

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Аннотация

Оглавление

Введение

4.1 Сравнительный анализ технологии производства флюса марки ФОМ в России и за рубежом

4.2 Предложение по изменению в существующую технологию

- 4.3 Технологический раздел
 - 4.3.1 Характеристика исходного сырья
 - 4.3.2 Описание технологии производства
 - 4.3.3 Материальный баланс производства
 - 4.3.4 Контроль технологии производства
- 4.4 Подбор и расчет механического оборудования
- 4.5 Теплотехнический раздел
- 4.6 Автоматизация и механизация производства
- 4.7 Безопасность жизнедеятельности
- 4.8 Экономический раздел
- Заключение
- Библиографический список
- 5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)
 - 5.1 Таблица характеристики исходного сырья – 1 лист
 - 5.2 Технологическая схема производства – 1 лист
 - 5.3 Чертеж механическое оборудование – 1 лист
 - 5.4 Чертеж теплового агрегата –1 лист
 - 5.5 Схема автоматизации теплового агрегата – 1 лист
 - 5.6 Таблица с технико-экономическими показателями производства – 1 лист

Всего 6 листов

6 Дата выдачи задания 10.02.2020

Руководитель _____/Т.В. Баяндина/

Задание принял к исполнению _____/А.В. Васильева/

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение. Сравнительный анализ технологии производства в России и за рубежом. Предложения по изменению в существующую технологию	10.02 –17.02.2020	
Технологический раздел	18.02 –25.02.2020	
Подбор и расчет механического оборудования	26.02–03.03.2020	
Теплотехнический раздел	03.03–10.03.2020	
Автоматизация и механизация производства	10.03–15.03.2020	
Безопасность жизнедеятельности	16.03–21.03.2020	
Экономический раздел	12.06–15.06.2020	
Оформление работы	12.06–26.06.2020	
Защита работы	6.07–7.07.2020	

Заведующий кафедрой _____ /К.М. Виноградов/

Руководитель работы _____ /Т.В. Баяндина/

Студент _____ /А.В. Васильева/

АННОТАЦИЯ

Васильева А.В. Совершенствование технологии производства флюса марки ФОМ путем замены дозаторов марки «ЛДА» на марку «4488 ДН-У Агроэскорт» – Челябинск: ЮУрГУ, ДО-509, ТТС, 2020, 88 с., 3 ил., 32 табл., библиогр. список – 20 наим., 6 прил.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью совершенствования существующей технологии производства флюса марки ФОМ путем замены дозатора марки «ЛДА» на марку «4488 ДН-У Агроэскорт».

Описана технология производства с учетом предложенного изменения в существующую технологию, а также с учетом заданной годовой производительности и предложенного изменения в технологию определены расходные коэффициенты сырья; подобрано и рассчитано необходимое количество единиц механического оборудования; определено необходимое количество топлива для стадии обжига; рассчитана себестоимость продукции. Рассмотрена автоматизация печного агрегата, безопасность жизнедеятельности производства.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Васильева А.В.				Совершенствование технологии производства флюса марки ФОМ путем замены дозаторов марки «ЛДА» на марку «4488-ДН-У Агроэскорт»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	Баяндина Т.В.					л	5	88
<i>Реценз.</i>						ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-509		
<i>Н. Контр.</i>	Микерина О.С.							
<i>Утверд.</i>	Виноградов К.М.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЮСА МАРКИ ФОМ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	8
2 ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИЗМЕНЕНИЮ В СУЩЕСТВУЮЩУЮ ТЕХНОЛОГИЮ	15
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Характеристика исходного сырья	19
3.2 Описание технологии производства	20
3.3 Материальный баланс производства.....	23
3.4 Контроль технологии производства.....	28
4 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	32
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	45
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	58
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	62
8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	82
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ В	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	88

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. 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.

Кислородно-конвертерный процесс является доминирующим в структуре производства стали. В значительной степени стойкость футеровки и расход огнеупоров влияет на качество, себестоимость и производительность агрегатов.

Стойкость футеровки конвертеров обеспечивает выплавка металла с применением магнезиальных шлакообразующих материалов. Рост стойкости футеровки и снижение износа футеровки конвертера достигается за счет уменьшения агрессивного воздействия шлаков на огнеупорную футеровку и оптимизацию состава конечного шлака для достижения его наилучшей адгезионной способности при формовании гарнисажа.

Соответственно производство магнезиальных флюсов должно базироваться на экономической эффективности и ослабления воздействия на окружающую среду, экономии природных ресурсов при этом сохранять высокие показатели технологического процесса, является актуальной задачей.

Цель работы – совершенствование технологии производства флюса марки ФОМ путем замены дозаторов марки «ЛДА» на марку «4488 ДН-У Агроэсорт».

Задачи работы:

- провести сравнительный анализ производства флюсов марки ФОМ в России и за рубежом и предложить изменения в существующую технологию;
- описать технологию производства с учетом предложенного изменения в существующую технологию и контроль производства;
- определить расходные коэффициенты сырья с учетом заданной годовой производительности;
- подобрать и определить необходимое количество единиц основного и вспомогательного оборудования с учетом изменения в существующую технологию и заданной производительности по готовому продукту;
- определить расход топлива с учетом заданной производительности по готовой продукции;
- провести расчеты горения топлива и тепловой баланс печи с учетом заданной годовой производительности и предложенного изменения в существующую технологию;
- описать автоматизацию производства;
- произвести ориентировочный расчет себестоимости.

Объект работы – технология производства флюсов марки ФОМ.

Результаты работы можно рекомендовать для внедрения в существующее производство.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ФЛЮСА МАРКИ ФОМ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Производство флюса марки ФОМ (флюс ожелезненный магнизиальный) в настоящее время актуально, т.к. применяется в конвертерном производстве для повышения стойкости футеровки в кислородном конвертере.

Кислородно-конвертерным процессом в нашей стране обычно называют процесс выплавки стали из жидкого чугуна и добавленного лома в конвертере с основной футеровкой и с продувкой кислорода сверху, с донной продувкой и с комбинированной продувкой [1].

Футеровка конвертера работает в тяжелых условиях, подвергаясь воздействию высоких температур, термических напряжений, ударов кусков шихты при загрузке и знака переменных нагрузок. Ее обычно делают из двух слоев: арматурного и рабочего (внутреннего). Арматурный слой выполняют из периклазового или периклазохромитового кирпича, он не требует замены очень длительное время.

Рабочий слой изнашивается во время работы и его заменяют при ремонтах футеровки. Футеровку летки делают с учетом того, что из-за быстрого ее износа приходится заменять чаще, чем остальную футеровку.

На разрушение футеровки конвертеров оказывает влияние шлак, который содержит большое количество железа. Вначале продувки, шлак более агрессивен по отношению к футеровке, агрессивность шлака уменьшается в период обезуглероживания и повышается, когда растворимость MgO в железистом шлаке увеличивается, при этом из-за увеличения объема шлака абсолютное количество MgO станет больше.

Негативное воздействие оксидов железа на периклазоуглеродистые огнеупоры происходит из-за того, что при высокой температуре оксиды железа взаимодействуют с огнеупором во время продувки по реакции $C+FeO=CO+Fe$ (при температуре выше 1600 °C), появляются поры, по ним проникает шлак в обезуглероженный слой, тем самым восстанавливая оксиды Mg.

Механическое разрушение огнеупора из-за концентрации напряжения образовавшимися восстановительными капельками железа, при изменении температуры огнеупора в процессе выплавки[2].

При введении в плавку магнийсодержащие материалы, воздействие высокожелезистых шлаков на футеровку снижается. Шлак обогащают введением магнезии. Из огнеупора в шлак затрудняется переход MgO шлакообразующими магнизиальными материалами, в шлаке меняются условия массопереноса MgO, т.е. идет предел растворимости в шлаке.

Износ футеровки в результате химического взаимодействия шлака на футеровку, зависит от концентрации и активности оксидов железа и свободного кислорода в металле и температуры ведения процесса плавки.

Содержание оксидов магния влияет на активность оксидов железа. Чем больше насыщен шлак оксидами магния, тем меньше активность оксидов железа. Ввод в конвертер в начале плавки в завалку или на первых минутах продувки магнизиальных материалов (сырой или обожженный доломит, доломитизированной извести, известково-магнизиальных флюсов) в количестве, определяющем перенасы-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

щение шлака оксидами магния (6–13 % MgO в шлаке) позволяет практически снизить до нуля активность оксидов железа при взаимодействии с периклазоуглеродистыми огнеупорами [3].

Учитывая, что значительный расход футеровки конвертера происходит на начальной стадии продувки, желательно использовать в начальный период плавки или в завалку конвертера магнезиальные флюсы с повышенным содержанием MgO и с высокой скоростью растворения флюса в шлаковом расплаве. Этим требованиям отвечает флюс ожелезненный магнезиальный (ФОМ). С первых минут продувки металла, в конвертере формируется высокожелезистый шлак с низкой основностью. Такие шлаки являются весьма агрессивными по отношению к футеровке конвертера. Поэтому ввод в этот период ФОМ, за счет высокой концентрации во флюсе оксидов магния и низкой концентрации этого оксида в шлаке, при быстром растворении флюса, оксиды магния перейдут в шлаковый расплав. Насыщенный шлак оксидами магния позволяет ослабить агрессивное воздействие шлака на футеровку конвертера. На конечной стадии продувки и, особенно в период нанесения шлакового гарнисажа на футеровку необходимо еще более повышать в шлаке содержание оксидов магния за счет прсадки быстрорастворимых магнезиальных флюсов, например, СМГ (самораспадающихся магнезиальных гранул) [4].

Самораспадающиеся магнезиальные гранулы (СМГ) растворяются в шлаке лучше, чем модификатор ФОМ (флюс ожелезненный магнезиальный), но во флюсах содержится до 90 % MgO, благодаря этому образуется в шлаке конгломераты с повышенным содержанием MgO и при раздуве шлака азотом оседают на футеровку конвертера образуя высокомагнезиальный гарнисаж. Это позволило увеличить стойкость футеровки конвертера на 50 % [4].

Петрографические исследования флюса ожелезненного магнезиального показали, что образец ФОМ состоит из зерен периклаза и доломита. В межкристаллическом пространстве периклаза наблюдаются прослойки феррита кальция и ларнита, реже встречаются мервинит и монтичеллит. Микроструктура образца высокопористая. Это позволяет надеяться на быстрое растворение флюса в шлаковом растворе.

Таким образом флюсы обладают следующим рядом положительных качеств:

- на опытных плавках отмечено ровное без выбросов протекание окислительных процессов;
- на плавках с использованием флюса ожелезненного магнезиального отмечено равномерное нанесение шлакового гарнисажа на футеровку конвертера;
- с использованием ФОМ возможно выплавлять стали с пониженным содержанием серы [17].

Исходными материалами для получения ФОМ являются магнезит, каустический магнезит, и сидерит.

Брейнерит распространен в Австрии и Словакии, это те магнезиты, которые содержат более 30 % сидерита.

Существует две физические формы природного магнезита – это крупнокристаллический (аморфный) и кристаллический (зернистый) магнезит. Месторожде-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

ниями магнезита являются страны Китая, Турции, Индии, Греции, Югославии, новые месторождения обнаружили в Гватемале и Саудовской Аравии.

В четырех регионах нашей страны есть месторождения кристаллических магнезитов, это в Иркутской области (Восточно-Саянское месторождение) 52 %, Красноярском Заангарье (Удере́йская группа) 26 %, Южный Урал (Саткинское, Златоустовское, Катав-Ивановское и Белорецкое месторождения) с общим объемом примерно 20 %. В Хабаровском крае (Малохинганское месторождение) 2 %, самые большие запасы расположены в Восточной Сибири и на Дальнем востоке, около 80 %.

В России производят добычу магнезита открытым способом (карьерами) и подземной разработкой. Саткинское месторождение магнезита в настоящее время является основным добытчиком магнезита в огнеупорной промышленности. Морфология магнезитовых тел саткинских месторождениях весьма разнообразна: пласто- и линзообразные залежи, гнёзда, жилы и прожилки. Преобладающее количество магнезита сосредоточена в пласто- и линзообразных залежах. На Карагайском и Волчегорском и других месторождениях магнезита, различающихся своим составом, производят добычу сырья, более 90 % для огнеупорной промышленности России и стран СНГ.

Классификация магнезита по минеральному составу [5].

1. Неизмененные магнезиты: магнезиты нормального состава и хлоридсодержащие магнезиты.

2. Магнезиты, изменённые пострудными процессами: гипогенноизмененные (доломитизированные, окварцованные, оталькованные) и гипергенноизменённые (кальцитизированные). По размеру кристалла минерала разделяют: мелкозернистые (0,3–2 мм); среднезернистые (2–5 мм); крупнозернистые (5–20 мм); гигантозернистые (более 20 мм) [5].

Основным показателем, в соответствии с которым оценивается качество магнезитовых руд, является содержание примесей таких как оксида кальция и кремния. Допустимое содержание примесей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимое содержание примесей в природном магнезите

Примеси	Допустимое содержание в руде		
	1 сорт	2 сорт	3 сорт
CaO	≤ 1,4	≤ 2,1	≤ 4,0
SiO ₂	≤ 0,9	≤ 1,1	≤ 2,0

Обогащение природного сырья проводят в зависимости от характера присутствующих примесей, ведь технологические свойства огнеупоров зависят от содержания в них оксида кальция и SiO₂, чем меньше примесных компонентов, тем выше свойства огнеупора.

Природный магнезит обогащают как в России, так и за рубежом следующими способами: фотометрическая лазерная сепарация, магнитная сепарация, флотационный метод, разделение в тяжелых суспензиях.

Лазерную сепарацию широко применяют в Греции и Турции для обогащения серпентинитовых масс, которые содержат 25–30 % магнезита. С 2009 года в Рос-

сии также в качестве обогащения природного магнезита используют лазерную фотометрическую сепарацию [5].

Чтобы получить качественный продукт применяют метод флотации. Сущность этого способа заключается в различной смачиваемости и прилипаемости собственно магнезита и его примесей к флотационным реагентам (смесь технических жирных кислот). Магнезит предварительно измельчают до 0,1–0,2 мм. В пересчете на прокаленное вещество полученный методом флотации концентрат повышают до 96,5 % MgO.

Фабрика фирмы " Veitscher Magnesitwerke AG"(Австрия) применяют для обогащения только флотацию. Подаваемую из разных бункеров смесь магнезита измельчают до крупности 10 мм, затем погружают в стержневую и шаровую мельницу на мокрое измельчение. Из классификатора подают в циклон, чтобы удалить из материала шлам, при этом верхний продукт убирают к хвостам, а нижний используют в производственный поток. Во флотационном процессе удаление шлама важно для того чтобы процесс разделения прошел хорошо. Разделение проходит в две стадии: в первой флотируют силикаты со слоистым радикалом, а во второй-магнезит сохраняют в пенном фотоконцентрате, при этом доломит уходит в хвосты. В качестве реагентов применяют масла таловые и кислоты. Выход концентрата составляет 70 %.

Фирма "Liaoning Refractories Factory" (Китай), применяют метод противоточной флотации для удаления примеси талька из сырья и прямой флотации для обогащения концентрата магнезита, где MgO составляет 98 %. Используют для производства, качественного спеченного периклаза.

Для производства флюсов используют каустический магнезит. Порошок каустического магнезита должен соответствовать требованиям ГОСТ 1216 – 87.

Есть два источника минерального сырья для производства каустического периклаза: природный и синтетический [3].

Существует 5 способов изготовления каустического периклаза в технологии ведущих стран:

1. Изготовление из рассолов и морской воды. Данным способом пользуются фирмы Англии, Ирландии и Нидерландов. Способ основан осаждением известковым молоком в гидроксид магния из морской воды (MgCl₂) или рассола (20 % MgCl₂). Осадок прокалывают при температуре 1000 градусов с образованием каустика.

2. Пирогидролиз. Для получения особо чистого периклаза, т.к. отсутствуют такие примеси как доломит и известь.

3. Аман-процесс. Данный способ применяют в Иордании и Израиле. Концентрированный раствор солей, содержащих до 550 г/л MgCl₂ нагревают до высокой температуры. Исходный продукт, который содержит хлориды щелочных металлов и содержащий MgO, смешивают с водой для получения Mg(OH)₂ в присутствии HCl и растворимых солей щелочных металлов. После получаемый продукт фильтруют, промывают и прокалывают.

4. Магнифин-процесс. Этот процесс используют в Австрии. Используют природное сырье магнезиально-силикатного состава. Сырье обрабатывают соляной

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

кислотой, после двойного осаждения удаляют примеси и чистую жидкость $MgCl_2$ подвергается термическому разложению, затем добавляют в воду для получения $Mg(OH)_2$.

5. Паттисон-процесс. Этим методом работают фирмы Франции. Он заключается в слабой прокалке природного сырья. Смесь MgO и CaO гидратируют с образованием гидроксидов. Диоксид углерода, полученные на ранней стадии, используют для карбонизации смеси гидроксидов. Условия реакции подобраны таким образом, что нерастворимый $CaCO_3$ осаждается на первой стадии, а нерастворимый гидроксид магния образует нерастворимый гидрокарбонат магния. После осаждения $CaCO_3$ повышают температуру раствора и осаждают до MgO [1].

Группа "Магнезит" в Челябинской области (город Сатка) – комбинате "Магнезит", запустила промышленное производство кальцинированного (каустического) магнезита специального назначения с заданными параметрами. При производстве спеченного периклаза, в результате декарбонизации во вращающейся печи происходит пылеунос тонких фракций, представляющий собой в основном каустический периклаз. Это производство стало первой и единственной в России промышленной площадкой по выпуску данной продукции, которая до настоящего времени производилась исключительно за рубежом – в Китае, Греции, Испании. Сегодня потребителями специализированного кальцинированного магнезита являются преимущественно крупные европейские предприятия химической, строительной отраслей и сельского хозяйства [5].

Следует отметить, что в России нет промышленного производства, позволяющего прямым обжигом природного магнезита получать качественный активный каустический магнезит целевого назначения (для производства, магнезиального вяжущего). Поэтому материал в виде уловленной пыли, образующейся при производстве спеченного периклазового порошка, является пока единственным доступным товарным продуктом [4].

Еще одним компонентом для производства флюса марки ФОМ является сидерит. Сидеритовые руды, в основном, представляют собой карбонат железа – $FeCO_3$. Сидерит имеет такие примеси как марганец, кальций, изоморфную примесь магния и других минералов. сам карбонат железа в чистом виде в составе данной руды не встречается [4].

В природе карбонат железа образует непрерывный ряд изоморфного замещения с карбонатом магния – от чистого $FeCO_3$ (сидерит) до чистого магнезита. В ряду изоморфного замещения в зависимости от содержания $MgCO_3$ выделяют устойчивые члены ряда: сидероплезит – до 30 %; пистомезит – от 30 до 50 %; мезитит – от 50 до 70 % и брейнерит – от 70 %.

Сидеритовые руды образовались в гидротермальных осадочных инфильтрационных месторождениях. В промышленных масштабах его добыча ведется в большинстве стран мира.

Три крупных месторождения имеет Украина, это – Криворожское, Белорецкое и Кременчугское. Общее количество запасов достигает около 21 млрд.т. Кременчугские залежи имеют низкое содержание железа. Кроме того, они содержат много вредных примесей. На двух других месторождениях добывается железная руда

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

высокого качества [6].

За рубежом разработкой сидерита занимается Казахстан, Польша, Западная Европа (Германия, Австрия), Канада и США. Масштабные залежи сидерита разрабатывают в России на территории Урала. Промышленное значение имеют Березовское, Ахтенское и Бакальская группа месторождений [5].

В составе руды Бакальской группы месторождений, находящееся на территории Челябинской области (Россия), содержание вмещающих пород (доломит, кальцит, алюмосиликаты, сланцы и другие) колеблется в пределах 20–25 %. Оставшаяся часть приходится на основной железосодержащий минерал – сидероплезит, содержание оксида магния в составе, которого достигает 25 %. [6].

Сидеритовые руды Бакальской группы месторождений относятся к комплексным рудам, содержащим несколько ценных компонентов – непосредственно железо с небольшим количеством примеси марганца и оксид магния [2].

Сидерит Бакальского месторождения, привезенный с центрального склада, должен соответствовать требованиям ТУ 0711–052–49112940–00.

Главными примесями в сидерите являются – изоморфная смесь карбонатов железа, марганца, магния. Алюмосиликаты, кремнийсодержащие сланцы, сульфаты и карбонаты являются минеральными включениями [2].

Подготовка сидеритовых руд, в составе которых основной минерал – сидерит – образован карбонатом железа с относительно малым содержанием изоморфной примеси карбоната магния (не более 4–6 %) сводится к применению как в России, так и за рубежом таких методов обогащения, как флотация, сухая магнитная сепарация, мокрая магнитная сепарация, отсадка, промывка, обогащение в тяжёлых суспензиях и других. В результате удаётся добиться эффективного разделения основного минерала и минералов вмещающих пород с получением железорудного концентрата, удовлетворяющего требованиям доменного производства по содержанию оксида магния.

Примером легкообогатимых сидеритовых руд являются руды Ченстохово-Клобуцкое месторождения, расположенного на территории Польши. Исходная руда указанного месторождения на 70 мас. % состоит из сидероплезита, имеющего до 6 % изоморфной примеси карбоната магния при содержании карбоната железа 88–89 %. Минералы вмещающих пород, представленные, главным образом, глинистыми минералами (15,8 %), кварцем (8,0 %) и другими, эффективно удаляются в ходе гравитационного и обжиг- магнитного обогащения [6].

Наряду с Польшей месторождения легкообогатимых сидеритовых руд находятся в Западной Европе (Германия, Австрия), в Канаде и в США, а также в некоторых других странах [7].

Руды Бакальской группы месторождений, находящееся на территории Челябинской области (Россия), относятся к труднообогатимым сидеритовым рудам. Разработка данного месторождения ведётся ООО «Бакальское рудоуправление» (ООО «БРУ»).

Кусковой сидерит подается на обогащение, где должно обеспечиваться максимальное отделение пустой породы в хвосты и содержание общего железа в концентрате сухой магнитной сепарации 65–75 %. Общая переработка сидерито-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

вых руд с высоким содержанием MgO, заключающаяся в особых условиях обжига. Обжиг материала с размером 2–10 мм при температуре 480–540°C без доступа воздуха проводят в течение 2,5–3 ч с магнитной сепарацией. После помола магнитной фракции делают выщелачивание слабой угольной кислотой при нормальных условиях [8]. Метод позволяет удалять 40–60 % оксида магния в исходном материале с получением железорудного концентрата (около 55 % железа) и магнезии (около 99 % MgO).

В России и за рубежом технология получения флюса марки ФОМ идентичны, но возможно они отличаются друг от друга по используемому оборудованию.

В настоящее время важной проблемой в производстве огнеупоров является снижение трудовых затрат. Снизить трудовые затраты можно путем использования современного оборудования. Кроме снижения трудовых затрат в огнеупорном производстве уделяют внимание и повышению качества продукции. Повысить качество флюса марки ФОМ и снизить трудовые затраты данного производства можно путем использования современных дозаторов. Таким дозатором может быть дозатор марки «4488 ДН-У Агроэсорт». Данный дозатор позволит не только повысить качество флюса за счет точного дозирования компонентов шихты, но и сократить затраты на обслуживание и ремонт дозатора, за счет увеличения межремонтного срока данного дозатора [20].

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2 ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИЗМЕНЕНИЮ В СУЩЕСТВУЮЩУЮ ТЕХНОЛОГИЮ

Современная огнеупорная промышленность придерживается новой концепции, которая заключается в переходе на ресурсосберегающее производство, по которому продукты изготавливаются на основе новых технологий с повышенной безопасностью. При этом нововведения не должны отразиться на технико-экономические показатели и качество выпускаемого продукта [8].

При производстве флюсов важное значение имеет химический состав полученного продукта, ведь магниезиальные флюсы применяются для уменьшения агрессивного воздействия шлаков на огнеупорную футеровку кислородного конвертера и оптимизации состава конечного шлака. В соответствии с этими требованиями, есть необходимость в постоянности химического состава, следовательно, точном соотношении дозирования шихтуемого материала.

В огнеупорном производстве для точного дозирования шихты используют весовые дозаторы. С целью повышения качества шихты, в данную существующую технологию, предложено заменить устаревшие дозаторы непрерывного действия типа «ЛДА-100» на более усовершенствованные дозаторы «ДН-У4488» производителя «Агроэсорт».

Предлагаемый дозатор найден в интернет пространстве и выбран исходя из преимущественно подходящих для данного производства технических характеристик.

Преимуществом предлагаемых дозаторов является точная передача скорости от двигателя к приводу, которая заключается в червячные передачи, а в устаревшем дозаторе передача цепная.

Этот момент играет роль в уменьшении качества смеси дозируемого материала, из-за движения рывками транспортной ленты, ведь цепная передача требует постоянной натяжки цепи, если оно ослабляется, то происходит проскальзывание звеньев цепи в звездочке.

Дозаторы производителя «Агроэсорт» имеют секторный горизонтальный питатель, его приводит в действие трехфазный асинхронный двигатель переменного тока. При помощи тиристорного преобразователя производят регулирование скорости двигателя, сигнал дает тензодатчик, который находится под приемным бункером, он же взвешивает массу материала.

Благодаря питателю в бункере не будет налипания материала на стенки в узкой части бункера, не будут образовываться своды, что исключает полностью завал транспортёра материалом.

Так же в предлагаемых дозаторах «4488ДН-У-2» усовершенствована электронная система сравнения и регулирования скорости ленты и веса материала на ней, это позволит более точно дозировать материал, стабилизировать норму расхода сырья, а также стабилизировать показатели свойств готового флюса.

Для понимания того, что предлагаемый дозатор технически выигрывает чем заменяемый, предложено рассмотреть их технические характеристики. Автоматический дозатор непрерывного действия типа «ЛДА», предназначен для непрерывного дозирования различных кусковых материалов с заданной произ-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

водительностью. в данной технологической линии используются для дозирования магнетита марки МП, сидерита и каустического порошка.

Рассмотрим принцип работы данного дозатора. Дозатор, состоит из электро-вибрационного питателя с вибродвигателем и весового транспортера с бесконечной лентой, приводимой в движение электродвигателем через редуктор [9]. Вибрационный питатель подвешивается на амортизаторах к горловине расходного бункера; рама весовой части устанавливается на специальной опорной металлоконструкции над сборным конвейером. На расстоянии до 1000 лот дозатора, устанавливается пульт управления дозатором в отдельном шкафу [9].

Производительность задается с помощью электронного прибора ЭПВД, регулировка производительности ведется вращением ручки задания без остановки дозатора.

Электровибрационным питателем осуществляется подача материала на ленту, ее приводит в движение электродвигатель, который установлен на основании 1. Рычажная система воспринимает нагрузку на ленте и передает ее на уравнивающую пружину механизма. Производительность изменяют до того, пока вес дозируемого материала на ленте конвейера не достигнет заданной величины [10].

Рассмотрим устройство предлагаемого дозатора «4488 ДН-У» производителя «Агроэскорт», и его принцип действия, чертеж дозатора показан в приложении В.

Дозатор имеет асинхронный привод, который снабжен весоизмерительной тензометрической системой, а также датчиком позволяющий регулировать скорость движения ленты. Управление ведется электронным контроллером.

Корректирующий сигнал на регулируемый частотный привод формирует управляющий контроллер, который рассчитывает текущую производительность дозатора.

Устройство дозатора представляет собой станину, приводной и натяжной барабаны, транспортерная лента привода, весоизмерителя и бункера [19].

Через приемный бункер поступает дозируемое сырье. На бункере установлена подвижная формирующая заслонка, которая регулирует высоту слоя продукта на транспортерной ленте. Через фланцевое соединение, где вмонтирована шиберная заслонка, к питающему бункеру крепится приемный бункер. При этом стойки демонтируются, но размеры от верхней плоскости бункера до рабочей поверхности ленты транспортерной не изменяются. Наличие шиберной или штыревой заслонки, оно же механическое запорное устройство, перед приемным бункером дозатора, необходимо для проведения поверки и тарировки без опустошения питающего бункера от материала.

Станина закреплена на опорах. Ее конструкция имеет возможность увеличения длины дозатора с шагом 450 мм. Если дозатор имеет расстояние больше или равно 1800 мм между осями валов натяжного и приводного барабанов, то имеют дополнительные опоры, их количество зависит от длины дозатора и определяют конструктивно. В опорах есть отверстия для крепления дозатора.

Между приводным и натяжным барабанами натянута транспортерная лента. Валы барабанов установлены в корпуса подшипников качения, для смазки которых предусмотрены масляники. Регулировка степени натяжения ленты произво-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

дит путем перемещения натяжного барабана в направляющих станины с помощью упорных болтов [19].

Приводом производится вращение приводного барабана, шпоночным соединением соединены вал барабана и тихоходный вал. Быстроходный вал привода соединён с датчиком скорости. Кронштейном привод крепится к опоре. Если смотреть по ходу движения ленты транспортерной, с любой из сторон дозатора можно установить привод. Стандартно устанавливаются с левой стороны.

Весоизмерительную площадку образуют роликовые опоры, установленные на каркасе весоизмерителя, расположенные симметрично на расстоянии 400мм. Поперечины определяют ширину и усиливают конструкцию дозатора. Роликоопоры, установленные в фиксирующих пазах поперечин и опоре поддерживают верхнюю ветвь транспортёрной ленты [19].

На кронштейне, который крепится к станине, установлен датчик контроля массы на весоизмерительной площадке. Болт служит противогрузочным устройством. Уравнители служат для центрирования транспортерной ленты относительно оси дозатора. Если лента начнет сходить относительно продольной оси, в ту или иную сторону более 30мм, сработают выключатели и отключит привод дозатора. Уравниватель с установленными на нём грузами автоматически поддерживают натяжение нижней ветви транспортёрной ленты.

Предусмотрены очистители от материала для приводного барабана. Скребок очищает внутреннюю поверхность транспортерной ленты, Выступом задней стенки выпускного патрубка идет очистка рабочей поверхности ленты. Очистителем ролика производится очистка роликоопор нижней ветви транспортерной ленты [20].

Чтобы исключить возможного просыпания сырья установлены борта, закрепленные на боковых кожухах. Установлен на поперечине датчик оборотов ленты, на расстоянии 10 мм от внутренней поверхности верхней ветви.

Все вращающиеся части дозатора закрыты защитными кожухами. Кожух передний служит для ограждения приводного барабана и направления продукта в выпускной патрубок. Крышка закрывает отверстие, предназначенное для присоединения аспирационной сети. Через люк возможен доступ к выпускному патрубку. В стенке заднего кожуха имеются жалюзи для наблюдения за положением транспортёрной ленты. При работе с пылящими продуктами над лентой может устанавливаться аспирационный кожух [20].

Дозатор «4488ДН-У» более современен и автоматизирован, что позволяет облегчить труд рабочих, а также повысить качество шихты поступающей в печь, ведь регулирование скорости транспортерной ленты и точное взвешивание материала производится без механического вмешательства, а автоматически. Сравнение технических характеристик дозаторов приведено в таблице 2.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Характеристика исходного сырья

Исходными материалами для получения ФОМ являются магнезит фракцией 40–0 мм, каустический магнезит фракции менее 0,063 мм, и сидерит фракции менее 5 мм. Требования к сырью для производства флюса марки ФОМ показано в приложении А.

Сырой магнезит, по химическому и зерновому составам должен соответствовать требованиям, ТУ 1500-048-00187145-2012, указанным в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Требования к сырому магнезиту

Наименование показателей	МП
1. Массовая доля, % СаО, не более SiO ₂ , не более	6,0 2,5
2. Размер кусков, мм	40–0
3. Массовая доля, %: кусков крупностью от 40 до 60 мм в одном измерении, не более	7
4. Присадки доломита, %, не более	–

Уловленный каустический магнезитовый порошок отгружается как готовая продукция. Порошок магнезитовый каустический должен соответствовать требованиям ГОСТ 1216–87, указанным в таблице 4. Порошки магнезитовые каустические используются для повторного обжига во вращающихся печах.

Таблица 4 – Требования к магнезитовому каустическому порошку

Наименование показателей	ПМК–75
1. Массовая доля, % MgO, не менее СаО, не более SiO ₂ , не более	75 4,5 3,5
2. Размер, мм	0,063
3. Массовая доля влаги, не более, %:	1,5
4. Массовая доля, % проход через сетку №2	100

Сидерит Бакальского месторождения, привезенный с центрального склада, должен соответствовать требованиям ТУ 0711–197–56408013-2012, указанным в таблице 5.

Таблица 5 – Зерновой состав агломерата сидерита и содержание в нем Fe₂O₃

Агломерат сидерита	Содержание фракций, мм, %							Значение	Норма
	>8	8–5	5–3	3–2	2–1	1–0.5	<0.5		
Масс. Бакальский	0	12,0	14,0	12,0	14,0	15,0	33,0	1.Массовая доля, %: Fe ₂ O ₃ не менее	42,0
								2.Влажность, % не более	4,0
								3.Массовая доля, % Остаток на сетке №13 не более	15

3.2 Описание технологии производства

Для повышения стойкости конвертеров в России необходимо было создать новые технологические параметры выплавки стали, которые повышали бы коррозионную стойкость огнеупоров футеровки конвертера. Таким параметром соответствует продувка металла кислородом с образованием высокомагнезиальных шлаков при использовании специально приготовленных синтетических флюсов с высоким содержанием оксидов магния [3].

Модификатор ФОМ (флюс ожелезненный магнезиальный) растворяется в шлаке хуже, чем СМГ (самораспадающиеся магнезиальные гранулы), но за счет высокого содержания в нем MgO (до 90%) образует в шлаке конгломераты с повышенным содержанием MgO, которые в процессе раздува шлака азотом оседают на футеровке конвертера и образуют высокомагнезиальный гарнисаж. Применение высокомагнезиальных флюсов позволило повысить стойкость футеровки конвертеров на 30–50 % [4].

Применение технологии нанесения шлакового гарнисажа на футеровку открыло перспективы достижения значений высокой стойкости футеровки, например, в США и Японии [2].

Технология производства флюсов ожелезненных магнезиальных (ФОМ), как в России, так и за рубежом состоит из одинаковых стадий производства. Технологическая схема производства показана в приложении Б.

Технологическая схема производства флюсов представлена на рисунке 1.

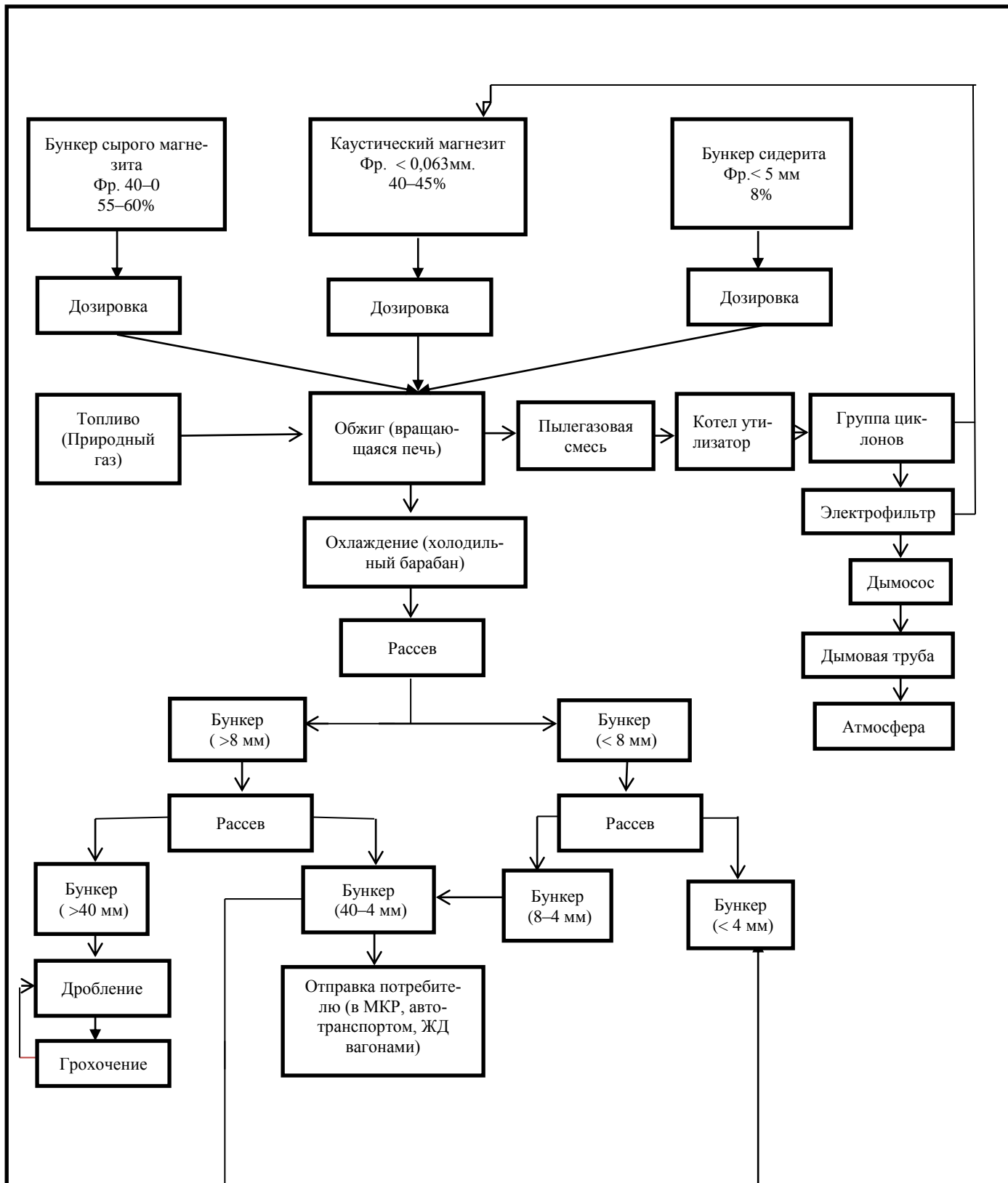


Рисунок 1 – Технологическая схема производства флюса марки ФОМ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Исходными материалами для получения ФОМ являются магнезит фракцией 40–0 мм, каустический магнезит фракции менее 0,063 мм, и сидерит фракции менее 5 мм.

Материалы дозируют в соотношении, указанном в таблице 6. И поступают на обжиг во вращающуюся печь и обжигают при температуре около 1500 °С.

Таблица 6 – Состав шихты

Компоненты шихты:	Масс. %
Сырой магнезит марки МП	55–60
Порошок магнезитовый каустический	40–45
Руда сидеритовая	8 ± 1

После обжига материал охлаждается до температуры 80–100 °С и подается на рассев, где делится на две фракции более 8 мм и менее 8 мм. Отделение отсева показано в приложении Г. Фракция более 8 мм отсеивается и дробится, гранулы ФОМ размером более 40 мм подвергают дроблению до получения кусков размерами не более 40 и не менее 4 мм. Структура гранул не однородна: они подразделяются на сплошные и с ядром внутри. Внутри ядра имеется каверна, содержание Fe₂O₃ в которой выше, чем в среднем составе ФОМ, и составляет 18–31 %.

Фракция менее 8 мм, отсеивается на фракции 8 – 4 мм и менее 4 мм. Мелкая фракция (менее 4 мм) подлежит дальнейшей переработке и применяется для брикетов ФМБУЖ (флюсы магнезиальные брикетированные углеродистые с оксидом железа). ФОМ фракции 40–4 мм, отправляют потребителю ЖД вагонами или автотранспортом в МКР [1].

В зависимости от зернового состава флюс подразделяется на марки в соответствии с таблицей 7 [1].

Таблица 7– Зерновой состав флюсов

Марка	Характеристика
ФОМ	Флюс ожелезненный магнезиальный фракции 40–4 мм.
ФОМ–1	Флюс ожелезненный магнезиальный фракции 8–0 мм.

Флюс должен соответствовать требованиям ТУ 0720–002–72664728–2008. По физико–химическим показателям и зерновому составу флюс должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 8.

Флюс не должен содержать посторонних включений (мусора).

Таблица 8 – Требования к флюсу

Наименование показателя	Значение показателя для марок	
	ФОМ	ФОМ-1
1 Массовая доля, %: MgO, не менее CaO, не более Fe ₂ O ₃ , в пределах SiO ₂ , не более S, не более		70 12 4 – 8 5 0,05
2 Массовая доля влаги, %, не более		2
3 Массовая доля, %: остаток на сетке № 60 остаток на сетке № 40, не более остаток на сетке № 8, не более проход через сетку № 4, не более		Не допускается 10 – 10
Примечание. Показатель «массовая доля влаги» определяется по требованию потребителя при условии отгрузки флюсов упакованными в мягкие одноразовые контейнеры.		

3.3 Материальный баланс производства

Определим с учетом заданной годовой производительности 138 145,2 т / год по готовой продукции необходимо рассчитать расходные коэффициенты сырья. Шихта для получения флюса марки ФОМ состоит из сырого магнезита 60 %, каустического магнезита 45 % и сидерита 8 %.

Пересчет на 100%:

$$a_1 = \frac{60 \cdot 100}{113} = 53,1\% \quad (1)$$

$$a_2 = \frac{45 \cdot 100}{113} = 39,82\% \quad (2)$$

$$a_3 = \frac{8 \cdot 100}{113} = 7,08\% \quad (3)$$

$$\Sigma=100\%$$

1. Потребность в ФОМ с учётом потерь при хранении и транспортировке, Q₁, т/год:

$$Q_1 = Q_{\text{год}} \frac{100}{100 - q_1}, \quad (4)$$

где q₁ – процент потери, 0,3–0,5%.

$$Q_1 = 138145,2 \frac{100}{100 - 0,5} = 138839,40 \text{ т/год}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Весовое количество потерь при хранении и транспортировке :

$$q'_1 = Q_1 - Q_{\text{год}} \quad (5)$$

$$q'_1 = 138839,40 - 138145,2 = 694,20 \text{ т/год}$$

2. Потребность во фракции 40–4 мм, при отсеве фракции, Q_2 , т/год:

$$Q_2 = Q_1 \frac{100}{100 - q_2}, \quad (6)$$

где q_2 –процент при отсеве фракции, 0,5%.

$$Q_2 = 138839,40 \frac{100}{100 - 0,5} = 139537,09 \text{ т/год}$$

Весовое количество потерь при отсеве фракции определяется:

$$q'_2 = Q_2 - Q_1 \quad (7)$$

$$q'_2 = 139537,09 - 138839,40 = 697,69 \text{ т/год}$$

3. Потребность во фракции более 8 мм, с учетом отсева фракции менее 8мм, Q_3 , т/год:

$$Q_3 = Q_2 \frac{100}{100 - q_3}, \quad (8)$$

где q_3 –процент фракции менее 8 при отсеве, 0,5 %.

$$Q_3 = 139537,09 \frac{100}{100 - 0,5} = 140238,28 \text{ т/год}$$

Весовое количество потерь при отсеве фракции :

$$q'_3 = Q_3 - Q_2 \quad (9)$$

$$q'_3 = 140238,28 - 139537,09 = 701,19 \text{ т/год}$$

4. Потребность в ФОМ при пылеуносе, Q_4 , т/год:

$$Q_4 = Q_3 \frac{100}{100 - q_4}, \quad (10)$$

где q_4 –потери при пылеуносе, 20 %.

$$Q_4 = 140238,28 \frac{100}{100 - 20} = 175296,36 \text{ т/год}$$

Весовое количество потерь при рассеве:

$$q'_4 = Q_4 - Q_3 \quad (11)$$

$$q'_4 = 175296,36 - 140238,28 = 35059,27 \text{ т/год}$$

5. Потребность в ФОМ с учётом ппп, Q_5 , т/год:

$$Q_5 = Q_4 \frac{100}{100 - q_5}, \quad (12)$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

где q_5 – потери при прокаливании, определяются по формуле 13, q_5 , т/год:

$$q_5 = \frac{a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3}{100} = \frac{53,1 \cdot 50 + 39,82 \cdot 15 + 7,08 \cdot 38}{100} = 35,21\% \quad (13)$$

где $a_{1,2,3}$ – содержание компонента;

$x_{1,2,3}$ – потери при прокаливании каждого компонента.

$$Q_5 = 175296,36 \frac{100}{100 - 35,21} = 270560,83 \text{ т/год}$$

Весовое количество ппп определяется:

$$q'_5 = Q_5 - Q_4 \quad (14)$$

$$q'_5 = 270560,83 - 175296,36 = 95264,47 \text{ т/год}$$

6. Потребность в каждой составляющей:

потребность в магнезите:

$$Q'_6 (\text{магнезит}) = Q_5 \frac{a_1}{100}, \quad (15)$$

где a_1 – содержание компонента, %.

$$Q'_6 (\text{магнезит}) = 270560,83 \frac{53,1}{100} = 143667,80 \text{ т/год}$$

потребность в каустике:

$$Q''_6 (\text{каустик}) = Q_5 \frac{a_2}{100}, \quad (16)$$

где a_2 – содержание компонента, %.

$$Q''_6 (\text{каустик}) = 270560,83 \frac{39,82}{100} = 107737,32 \text{ т/год}$$

потребность в сидерите:

$$Q'''_6 (\text{сидерит}) = Q_5 \frac{a_3}{100}, \quad (17)$$

где a_3 – содержание компонента, %.

$$Q'''_6 (\text{сидерит}) = 270560,83 \frac{7,08}{100} = 19155,71 \text{ т/год}$$

7. Потребность в сыром магнезите с учетом потерь при хранении и транспортировке, Q_7 , т/год:

$$Q_7 = Q_6 \frac{100}{100 - q_7}, \quad (18)$$

где q_7 – потери при хранении и транспортировке, 0,5 %.

$$Q_7 = 143667,80 \frac{100}{100 - 0,5} = 144389,75 \text{ т/год}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Весовое количество потерь при хранении и транспортировке:

$$q'_7 = Q_7 - Q_6' \quad (19)$$

$$q'_7 = 144389,75 - 143667,80 = 721,95 \text{ т/год}$$

8. Потребность в каустическом порошке с учетом потерь при хранении и транспортировке, Q_8 , т/год:

$$Q_8 = Q_6'' \frac{100}{100 - q_8}, \quad (20)$$

где q_8 – потери при хранении и транспортировке, 0,5%.

$$Q_8 = 107737,32 \frac{100}{100 - 0,5} = 108278,71 \text{ т/год}$$

Весовое количество потерь при хранении и транспортировке определяется по формуле 21:

$$q'_8 = Q_8 - Q_6'' \quad (21)$$

$$q'_8 = 108278,71 - 107737,32 = 541,39 \text{ т/год}$$

9. Потребность в сидерите с учетом потерь при хранении и транспортировке, Q_9 , т/год:

$$Q_9 = Q_6''' \frac{100}{100 - q_9}, \quad (22)$$

где q_9 – потери при хранении и транспортировке, 0,5%.

$$Q_9 = 19155,71 \frac{100}{100 - 0,5} = 19251,97 \text{ т/год}$$

Весовое количество потерь при хранении и транспортировке:

$$q'_9 = Q_9 - Q_6''' \quad (23)$$

$$q'_9 = 19251,97 - 19155,71 = 96,26 \text{ т/год}$$

Расходные коэффициенты сырья, K , т.сыр/т.гот. пр.:

расходный коэффициент магнезита:

$$K = \frac{Q_7}{Q_{\text{год}}} \quad (24)$$

$$K = \frac{144389,75}{138145,2} = 1,04 \text{ т. сыр/т. гот. пр.}$$

расходный коэффициент каустика:

$$K = \frac{Q_8}{Q_{\text{год}}} \quad (25)$$

$$K = \frac{108278,71}{138145,2} = 0,78 \text{ т. сыр/т. гот. пр.}$$

расходный коэффициент сидерита:

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$K = \frac{Q_9}{Q_{\text{год}}}, \quad (26)$$

$$K = \frac{19251,97}{138145,2} = 0,14 \text{ т. сыр/т. гот. пр.}$$

$$K_{\text{общ}} = \sum K \quad (27)$$

$$K_{\text{общ}} = 1,04 + 0,78 + 0,14 = 1,96 \text{ т. сырья/ т. готовой продукции}$$

Материальный баланс представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Материальный баланс

Приход		Расход	
Статья	т/год	Статья	т/год
Потребность в сы- ром магнезите с учётом потерь при транспортировке и хранении, Q_7	144 389,75	Годовая производитель- ность отделения, $Q_{\text{год}}$	138 145,2
Потребность в кау- стическом порошке с учётом потерь при транспор- тировке и хранении, Q_8	108 278,71	Весовое количество потерь при хранении и транспор- тировке, q'_1	694,20
Потребность в си- дерите с учётом потерь при транс- портировке и хра- нении, Q_9	19 251,97	Весовое количество потерь при отсеве фракции, q'_2	697,69
		Весовое количество потерь при отсеве фракции, q'_3	701,19
		Весовое количество потерь при пылеуносе, q'_4	35 059, 27
		Весовое количество ппп, q'_5	95 264,47
		Весовое количество потерь при хранении и транспор- тировке, q'_7	721,95
		Весовое количество потерь при хранении и транспор- тировке, q'_8	541,39
		Весовое количество потерь при хранении и транспор- тировке, q'_9	96,26
$\Sigma Q_{\text{пр}}$	271 920,43	$\Sigma Q_{\text{расх}}$	271 921,62

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

Невязка определяется, невязка, %

$$\text{невязка} = \frac{\sum Q_{\text{пр}} - \sum Q_{\text{расх}}}{\sum Q_{\text{пр}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

$$\text{невязка} = \frac{271920,43 - 271921,62}{271920,43} \cdot 100 = -0,0004\%$$

Таким образом материальный баланс производства флюса марки ФОМ, показал, сколько сырья требуется для производства готовой продукции и сколько тонн составляют потери в процессе производства, были выведены расходные коэффициенты. Общий расходный коэффициент составил $K_{\text{общ.}} = 1,96$ т. сырья/т. готовой продукции.

3.4 Контроль технологии производства

3.4.1 Входной контроль

Поступающие на предприятия материалы подлежат входному контролю качества, который осуществляется контролерами ОТК в строгом соответствии с требованиями нормативно-технической документации. На материалы не отвечающим требованиям стандарты, составляют рекламацию и вызывают представителя поставщика. Рекламацией называют жалобу потребителя на качество какой-либо продукции, обоснованную актом отбора пробы и результатам испытания, проведенным потребителем[1].

На предприятии по производству флюсов входной контроль осуществляется на следующее сырье, указанное в таблице 10.

Сырой магнезит марки МП (фракции 40–0 мм или смесь фракций 40–0 и 8–0 мм.). Его контролируемые параметры измеряются в процентной массовой доли СаО не более 4,0 %, SiO₂ не более 2,0 %. В процентной массовой доли влаги, а также массовой доли зерен на сетке №8. Отбирают пробу от дозатора печи. Частота отбора проб производится по необходимости, но не более двух раз в сутки. Так же частоту определений производят по необходимости.

Руда железная сидеритовая. Контролируемыми параметрами являются, процентное содержание Fe₂O₃ не менее 42,0 %, массовая доля зерен на сетке №13. Процентная массовая доля влаги должна составлять не более 4,0 %. Отбор проб производится с бункера. Частоту отбора проб делают при заполнении бункера - по необходимости. А также частота определений- по заполнению бункера[2].

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Таблица 10 – Входной контроль по производству флюса

Наименование	Контролируемые параметры	Место отбора проб	Частота отбора проб	Частота определений
Сырой магнетит марки МП (фракции 40–0 мм или смесь фракции 40–0 и 8–0 мм)	1 Массовые доли, %: CaO, SiO ₂ 2. Массовая доля влаги, % 3. Массовая доля зерен на сетке №8.	Дозатор печи	По необходимости, но не более 2 раза в сутки	При необходимости
Руда железная сидеритовая	1. Массовая доля, %: Fe ₂ O ₃ 2. Массовая доля зерен на сетке №13. 3. Массовая доля влаги, %	Бункер	При заполнении бункера по необходимости	По заполнении бункера

Проводится химический анализ сырого и каустического магнетита, это

- потери при прокаливании;
- определение содержания SiO₂;
- содержание суммы оксидов железа, алюминия определяет из фильтрата после определения SiO₂ путем осаждения аммиаком;
- содержание Fe₂O₃ определяют calorиметрические с сульфосалициловой кислотой. Допустимые расхождения в двух параллельных анализах 0,1%;
- содержание Al₂O₃ определяют по разности содержания суммы Al₂O₃+Fe₂O₃ и содержания Fe₂O₃, определяемых выше;
- содержание CaO определяют из фильтрата от полуторных окислов путем осаждения иона кальция щавелевокислым аммонием из кислого раствора.
- содержание MgO определяют из фильтрата после определения кальция.

3.4.2 Текущий контроль

Текущий контроль обеспечивает поддержание точности технологического процесса на предприятии и составляет неотъемлемую часть технологии. В задачу текущего контроля производства входят соблюдение технологического процесса, предупреждение причин, приводящих к браку, накопление и обработка статистических материалов по контролю производства. Текущий контроль производят по графикам контроля, в которых регламентированы наименования контролируемого параметра, место и частота отбора проб, персонал, осуществляющий отбор и

определения. Все определения идут в строгом соответствии с требованиями ГОСТов, ТУ, СТП и других нормативно-технических документов[12].

Флюс марки ФОМ фракции 40 – 4мм. контролируют по процентному содержанию массовой доли CaO не более 12 %, Fe₂O₃ в пределах 4 – 8 %, частота отбора проб производится с конвейера 12 раз в сутки, а также с силоса при необходимости частотой отбора проб не более четырех раз в сутки.

Процентное содержание массовой доли SiO₂ не более 5 %, частота отбора проб с конвейера не более трех раз в сутки. Контролируется массовая доля на сетках №40 и 4, отбор производят с силоса, частотой при необходимости не более 2 раза в сутки [12]. Проводят зерновой анализ.

Текущий контроль производства ФОМ представлен в таблице 11.

Таблица 11– Текущий контроль производства ФОМ

Наименование	Контролируемые параметры	Место отбора проб	Частота отбора проб
Флюс фракции 40 – 4 мм.	1.Массовые доли, %: CaO, Fe ₂ O ₃	Конвейер	12 раз/сутки
	2.Массовые доли, %: SiO ₂		При необходимости не более 3 раза/сут.
Флюс фракции 40 – 4 мм.	1.Массовая доля, %: CaO, Fe ₂ O ₃	Силос	При необходимости не более 4 раза/сутки.
	2. Массовая доля зерен на сетках №40, 4	Силос	При необходимости не более 2 раза/сутки.

Осуществляемый ОТК контроль не освобождает начальников цехов и отделов предприятия, а также персонал цехов от ответственности за выпуск недоброкачественной продукции или продукции не соответствующий стандартам либо техническим условиям, или не комплектной продукции на руководимых ими участках производства[1].

3.4.3 Технологический контроль

Контроль температуры. Непосредственно замер температур материала во вращающихся печи осложнен непрерывным вращением печи. Используется 2 способа измерения температур:

1) контактный метод, наблюдается образование обмазки и изменение её толщины в процессе работы печи, создающие значительную инерционность теплоприёмников и неопределённость координаты точки контроля температур;

2) бесконтактный метод контроля, наиболее перспективным являются цветовой пирометр, визируемый на определённый участок материала или футеровки

через фурму с горячей головки печи.

Для надёжного контроля температуры перед зоной обжига вращающихся печей термоэлектрические термометры помещают в защитные чехлы из жароупорных сталей. Это предохраняет их от разрушения и удлиняет срок эксплуатации [2].

Контроль производительности и качества обожженного материала.

Основным и главным показателем работы вращающейся печи является её производительность по выходу готового продукта при выполнении заданных технологических условий. Периодичность отбора готового материала для взвешивания, выбирается произвольно и через длительные промежутки времени [1].

Итак, можно сделать следующие выводы:

Продукция должна отвечать конкретным условиям службы, поэтому непосредственно на металлургических предприятиях статистическими методами определяют ключевые параметры свойств, рассчитывают определенные параметры технологии, которые обеспечивают получение продукта с заданными свойствами.

Входной контроль определяет параметры для сырья (сырой магнезит марки МП, сидерита), рассматривает массовые доли по химическому составу, влаги и зерен на сетке.

В задачу текущего контроля производства входят соблюдение технологического процесса, предупреждение причин, приводящих к браку, накопление и обработка статистических материалов по контролю производства. Технологический контроль включает в себя непосредственно контроль температуры в печи, а также контроль производительности и качества обожженного материала.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

4 ПОДБОР И РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Выбор оборудования

С учетом изменения в существующую технологию и заданной годовой производительности 138145,2 т/год необходимо провести подбор и расчет механического оборудования.

Для обжига магнезита используют вращающиеся печи. Достоинством вращающихся печей являются: высокая производительность; хороший и равномерный обжиг сырья, возможность обжига мелкокускового сырья, высокую температуру обжига, полную механизацию процесса, возможность использования разнообразных видов топлива (кроме высокозольного) и некоторые другие.

К недостаткам можно отнести: необходимость тонкого измельчения всего исходного сырья, высокий удельный расход топлива, большой пылеунос, мелкий зерновой состав порошка, увеличение капиталовложений и эксплуатационных затрат. По этим причинам в настоящее время обжиг кристаллических магнезитов осуществляют сухим способом в кусках менее 50–40 мм [13].

Размеры монтируемых вращающихся печей непрерывно увеличивается. Это связано с увеличением производительности одного агрегата и с тем, что степень обжига магнезита повышается во вращающихся печах большой длины. По данным, с увеличением длины печи снижается структурно-фазовая гетерогенность зерен спеченного магнезита, повышаются их плотность и степень рекристаллизации периклаза.

Распределение зон по длине вращающихся печей для обжига магнезита приведено в таблице 12.

Таблица 12 – Распределение зон по длине вращающихся печей для обжига магнезита

Зона	Суммарная длина печи					
	75м	90м	170м	75м	90м	170м
	м			%		
Подогрева и декарбонизации	57	65	115	75	72	68
Спекания	13	16	20	17	18	11
Охлаждения	5	9	35	8	10	21

В таблице 12 приведены данные, характеризующие протяженность зон в печах разной длины. По мере увеличения общей длины печи удлиняются все отдельные ее зоны. Удлинение зон подогрева и декарбонизации особенно большое в 170–м печи, суммарно эти две зоны в коротких печах занимают 75–72% длины, а в длинной печи 68 %. В ней так же относительно укорачиваются зона спекания, хотя абсолютная ее длина увеличивается от 13–16 до 20 м, занимая вместо 17–18% длины печи 11 %. Скорость вращения печей колеблется значительно. 50 – м печи делают 1 об/мин, 75 – м 0,61 – 0,73 об/мин, 90–м 0,89–1,18 об–мин. Средняя скорость перемещения материала определяется длиной и углом наклона печи. В

75–м печи эта скорость составляет 25 м/ч при времени прохождения материала через печь 3ч.

Длина зон спекания 70, 90 и 170–м печей соответственно составляет 12, 16 и 20 м, а период спекания 30–50 мин [13].

Исходя из вышеперечисленных данных, в данном дипломном проекте выбрана вращающаяся печь длиной 90 м.

4.2 Характеристика основного оборудования

4.2.1 Вращающаяся печь

Печь представляет собой длинный обжигательный барабан длиной 90метров, установленной с уклоном 3–5% в сторону выхода обожженного материала и вращающейся со скоростью 0,5–1,2 об/мин; диаметр печи 3,6м[13].

Печь представляет собой стальной цельносварный барабан, состоящий из отдельных звеньев, сваренных в продольном и поперечном направлении, толщиной 15–40мм. На обжигательный барабан печи насаживают стальные бандажки в виде колец, изготовленных из стали. Опорная часть выполнена на подшипниках скольжения. При работе печи осевая перемещается вверх–вниз, регулируется ребрением опорных роликов. Осевая перемещения при работе печей необходима для равномерного изнашивания поверхностей, катания бандажей и роликов. Вращение печи передаётся с помощью венцовой шестерни, эластично закрепленной на барабане печи, от электродвигателя, мощностью 45–310 кВт и больше, через редуктор. Положение печи по отношению к опорным роликам контролируется установкой специальных упорных роликов. При работе обжигательный барабан может перемещаться на роликах вдоль своей оси. Для предотвращения больших перемещений барабана вдоль его оси, в результате которых может бандаж сойти с ролика, устанавливаются контрольные ролики. Контрольные ролики выдерживают небольшое осевое давление печи при несвоевременном принятии мер, оси контрольных роликов ломаются. Печь имеет два привода основной и вспомогательный. Основной служит для постоянного вращения печи при нормальном режиме её работы. Он состоит из двух электродвигателей, двух редукторов и двух венцовых шестерней. Вспомогательный привод применяется для вращения на режимах охлаждения или ремонте печи[13].

Холодильный барабан, представляют собой стальной цельносварной цилиндрический барабан, опоясанный тремя стальными бандажами, опирающимися на три пары опорных роликов. Холодильный барабан имеет самостоятельный привод. Сопряжение печей с холодильниками осуществляется через стационарную установленную горячую головку печи и пересыпной колодец. Скорость вращения холодильника больше, чем скорость вращения печи и составляет от 3–6 об/мин. Холодильник чаще всего располагается под обжигательным барабаном с уклоном от 5–7°, длиной 15–25 метров. Оконечная часть слива зафутерованная в виде лотка с боковыми стенками, введена во внутрь горячей головки холодильника с помощью колосников на 650мм.

Охлаждение материала в холодильнике осуществляется, путем передачи тепла в теплообменных устройствах от материала воздуху. Который просасывается че-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

рез весь холодильник, омывает пересыпающийся порошок, охлаждает его и нагреваясь поступает в печь на горение в качестве вторичного воздуха [2].

4.2.2 Дозатор «4488 ДН-У» производителя «Агроэскорт»

Рассмотрим устройство предлагаемого дозатора, и его принцип действия. Дозатор имеет асинхронный привод, который снабжен весоизмерительной тензометрической системой, а также датчиком позволяющий регулировать скорость движения ленты. Управление ведется электронным контроллером.

Корректирующий сигнал на регулируемый частотный привод формирует управляющий контроллер, который рассчитывает текущую производительность дозатора.

Устройство дозатора представляет собой станину, приводной и натяжной барабаны, транспортерная лента привода, весоизмерителя и бункера [19].

Техническая характеристика дозатора 4488ДН-У-2 «Агроэскорт» приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Техническая характеристика

Параметры	4488ДН-У-2 «Агроэскорт»
Производительность т/ч	От 0,4 до 263
Ширина ленты в мм	650±6,5
Скорость ленты в м/сек	От 0,011 до 1,110
Габаритные размеры в мм: длина ширина высота	2450 1300 850
Масса дозатора в кг	800

4.3 Характеристика вспомогательного оборудования

4.3.1 Конвейерная лента

Конвейеры с прорезиненной текстильной лентой применяются для перемещения сыпучих материалов в горизонтальной или наклонной плоскости. Лента, являясь несущим и одновременно тяговым средством, приводится в движение приводным барабаном, который устанавливается обычно в головной части конвейера. Постоянное натяжение ленты обеспечивается натяжным приспособлением. Допустимый угол наклона ленты к горизонту равен 18–25°. Рабочей части ленты роликоопорами придается форма желоба [4].

Техническая характеристика ленточного конвейера приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Техническая характеристика ленточного конвейера

Наименование показателя	Значение
Производительность, т/ч	100
Расстояние между центрами барабанов, м	6
Ширина ленты, мм	400
Наибольшая высота разгрузки, м	2,2
Наименьшая высота разгрузки, м	1,5
Скорость движения ленты, м/с	1,68
Мощность привода, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм	
– длина	5970
– ширина	950
Масса конвейера без ленты, кг	385
Масса конвейера с лентой, кг	425

4.3.2 Бункера

В данной технологии бункера используют для приемки сырья и его хранения. Бункера закачивают сырым магнезитом, сидеритом и каустическим порошком. Конструкция бункера представляет комбинацию двух геометрических тел: верхнего – призматического и нижнего – суживающегося книзу, к выпускному отверстию в виде конуса или пирамиды. Бункера изготавливают из листовой стали, бетона. Для улучшения истечения материала применяют специальный вибратор, прикрепленный к боковой стенке бункера. Включение его должно быть периодическим, кратковременным (не более 10 сек.) [4].

4.3.3 Котел утилизатор

Выработкой выходящих из технологических печей физического тепла газов производится котлом–утилизатором КУ–80. Котлы устанавливаются непосредственно за печами. Предусмотрена полуоткрытая установка котлов с устройством утепленной пристройки с фронтальной стороны.

Установка должна быть в районе с сейсмичностью 6 баллов. Работают котлы под разрежением. Бесшовные трубы состоят из водяного экономайзера, пароперегревателя и испарительной части, таким образом выполнены все нагревательные поверхности котлов. Компонировка поверхности нагрева П–образная.

Котлы снабжены необходимой арматурой, гарнитурой, устройством для отбора проб пара и воды, КИП. Питание и сигнализация уровня воды в барабане автоматизированы.

Котлы поставляются транспортабельными блоками, комплектуются узлами и деталями [9].

4.3.4 Циклоны ЦН–24

Циклоны ЦН–24, отличаются высокой пропускной способностью при невысоких требованиях к качеству очистки и для очистки газов от пылей со средним ме-

дианным диаметром более 20 мкм экономически рентабельно использование циклонов ЦН–24.

Техническая характеристика циклонов типа ЦН–24 приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Техническая характеристика циклонов типа ЦН–24

Наименование	Значение
Оптимальная скорость входящего газа $V_{ц}$ ($V_{вх}$), м/сек	4,5–12,2)
Температура очищаемого газа $^{\circ}C$	не более 400
Максимальное давление, Па	700
Эффективность очистки от пыли $d=90$ мкм, плотностью 2,100 кг/м ³ , %	88–98
Эффективность очистки от пыли $d=25$ мкм, плотностью 2,100 кг/м ³ , %	75–90

4.3.5 Электрофильтр

Степень очистки газов электрофильтрами составляет 98–99% при крупности частиц до 5 мкм. Их можно применить для очистки газов до 350⁰. Электрофильтры имеют низкое аэродинамическое сопротивление, что является их преимуществом перед рукавными фильтрами.

Электрофильтры изготавливают трубчатыми и пластинчатыми, вертикальными и горизонтальными. Наибольшее распространение получили горизонтальные электрофильтры.

4.3.6 Грохот ГИЛ–32

Грохот ГИЛ–32 – это технологическое оборудование, предназначенное для сортировки сыпучих материалов по крупности. Принцип работы грохота основан на использовании вибрационных процессов, возникающих в результате вращения неуравновешенных масс – дебалансов. Рабочий материал подбрасывается на ситах, мелкие фракции проходят сквозь сито, а крупные скатываются по наклонной поверхности. Технические характеристики грохота ГИЛ–32 указаны в таблице 16 [2].

Таблица 16 – Технические характеристики грохота ГИЛ–32

Наименование показателя	Значение
Размер кусков материала	Не более 100 мм
Количество сит	2
Размеры просеивающей поверхности: – длина – ширина	2500 мм 1250 мм
Размеры отверстий просеивающих поверхностей	3,2*3,2 1,2*1,2
Угол наклона короба	10 – 20 ⁰
Амплитуда колебаний короба	2,5 мм
Число колебаний короба в минуту	1150

Окончание таблицы 16

Наименование показателя	Значение
Электродвигатель ВЛО 42–6: – мощность – число оборотов в минуту	4кВт 1000
Габаритные размеры колеблющейся части грохота: – длина – ширина – высота	3075 мм 1760 мм 1020 мм

4.3.7 Дымосос

Дымососы типа ДН (лопатки рабочего колеса загнуты назад) предназначены для удаления дымовых газов из топок паровых и водогрейных котлов, для перемещения пылегазовоздушных смесей в других технологических установках. Дымососы рассчитаны для перемещения дымовых газов и невзрывоопасных пылегазовоздушных смесей с температурой от -30 до $+200^{\circ}\text{C}$, запылённостью до $0,2$ г/м³. температура окружающей среды от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$. Дымососы могут быть изготовлены с правым и левым вращением рабочего колеса, и углами поворота нагнетательного патрубка от 0° до 270° через 15° . В зависимости от типоразмера дымососа и пожелания Заказчика в комплект поставки может входить (или не входить) направляющий аппарат, который служит для регулирования производительности дымососа[10].

4.3.8 Конусная дробилка

Конусная дробилка предназначена для среднего и мелкого дробления кускового материала. В конусных дробилках материал непрерывно раздавливается между двумя конусами, из которых один неподвижен, а другой совершает круговые качательные движения, как бы откатываясь по поверхности неподвижного конуса.

Технические характеристики конусной дробилки представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Техническая характеристика конусной дробилки

Наименование показателя	Значение
Габаритные размеры	2500×3480×3020 мм
Режим работы	непрерывный
Мощность двигателя	75 кВт
Ширина приемной щели на открытой стороне	50 мм
Диапазон регулирования ширины разгрузочной щели в фазе сближения профилей	3–12 мм
Производительность на материале средней твердости с влажностью до 4%	не менее 27–50 м ³ /час

4.3.9 Элеватор ковшовый ленточный

Элеватор ковшовый ленточный предназначен для вертикальной транспортировки сыпучих материалов. Представляет собой ленточный вертикальный конвейер с ковшами, за счёт непрерывного перемещения которых осуществляется подъём материала.

Наполнение ковшей производится зачерпыванием груза из нижней части или засыпанием груза в ковш. Тяговым органом ленточных элеваторов является резиноканевая лента.

Для предохранения элеватора от самопроизвольного обратного движения под действием груза при выключении двигателя привод снабжают стопорным устройством, допускающим движение только в одном направлении. Для этой цели используют роликовые или храповые остановы. Иногда элеваторы снабжают электромагнитными стопорными тормозами.

4.3.10 Тельфер электрический

Тельфер электрический способен работать с грузами в пределах от 0,5 тонны до 50 тонн. Болгарские производители предлагают устройства разной грузоподъемности, в том числе тали 3,2 т. (3200 кг). Эта модель широко используется благодаря тому, что цифры в 3,2 тонны достаточно для выполнения многих задач большинства складов и предприятий. Технические характеристики тельфера представлены в таблице 18 [10].

Таблица 18 – Технические показатели болгарских талей 3,2 т

Наименование	Значение
Грузоподъемность, т	3,2
Мощность электродвигателя подъема, кВт	4,5
Режим температурный, С	-25 °С + 40 °С
Подъемная высота, м	6 –36
Подъемная скорость, м/мин	8
Скорость передвижения, м/мин	20
Радиус поворота, м	2,5
Масса тали, кг	325–420
Потребность в сжатом воздухе, м ³ /мин	0,3
Потребность в аспирационном воздухе, м ³ /час	2000, разрежение 0,01 атм
Электропитание	3 х 380 В, 50 Гц
Установленная мощность, кВт	4,1
Условия размещения, °С	+5 ... 40
Масса, ориентировочно, кг	900

4.3.11 Биг-бэг

Биг-бэг это прочные мешки со стропами (грузоподъемный элемент). Сам мешок изготовлен из прочных волокон типа пропилен или капрон, что позволяет эксплуатировать биг-беги в широком диапазоне температур. В комплектацию могут входить специальные чехлы или вкладыши различного типа для защиты от внешних воздействий. Биг-бэг – это универсальная упаковка и экономичный вид под многотонные грузы. Их можно адаптировать конструктивно под любое устройство для разгрузки и погрузки. В логистических схемах перевозки, складирования и хранения сыпучей продукции биг-бэги успешно используются на предприятиях химической, аграрной, строительной, пищевой и других отраслей промышленности [14].

4.4 Расчет основного оборудования

Необходимо рассчитать количество основного оборудования с учетом предложенного изменения в существующую технологию и заданной годовой производительности 138 145,2 т / год по готовой продукции.

Внутренняя поверхность печи, $F_{вн}$, м²:

$$F_{вн} = L \cdot \pi \cdot D \quad (29)$$

где L – длина печи, м;

D – диаметр печи, м.

$$F_{вн} = 90 \cdot 3,14 \cdot 3,6 = 1017,36 \text{ м}^2$$

Расчетная часовая производительность, $P_{расч}$, т/час:

$$P_{расч} = F_{вн} \cdot P_{уд}, \quad (30)$$

где $P_{уд}$ – съем продукции с м² поверхности печи, кг/м²·час;

$P_{уд} = 9,4$ кг/м²·час [5].

$$P_{расч} = 1017,36 \cdot 9,4 = 9563,18 \text{ т/ч.}$$

Годовая производительность печи, $P_{год}$, т/год:

$$P_{год} = \frac{P_{расч} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,83}{1000}, \quad (31)$$

где $P_{расч}$ – расчетная часовая производительность, т/час;

365 – дней в году;

24 – часов в сутки;

0,83 – коэффициент использования [5].

$$P_{год} = \frac{9563,18 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,83}{1000} = 69532 \text{ т/год}$$

Длина печи определяется по формуле 32, L , м:

$$L = \frac{F_{вн}}{\pi \cdot D}, \quad (32)$$

$$L = \frac{1017,36}{3,14 \cdot 3,6} = 90,3 \approx 90 \text{ м}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Принимаем стандартную печь длиной 90 метров. Чертеж вращающейся печи показан в приложении Г.

Количество основного оборудования

Количество печей определяется, n :

$$n = \frac{Q_{\text{год}}}{P_{\text{год}}}, \quad (33)$$

где $Q_{\text{год}}$ – годовая производительность отделения, т/год;

$P_{\text{год}}$ – годовая производительность печи, т/год.

$$n = \frac{138145,2}{69532} = 1,99 \sim 2$$

Принимаем 2 вращающихся печи.

4.5 Расчет вспомогательного оборудования

Необходимо рассчитать количество вспомогательного оборудования с учетом предложенного изменения в существующую технологию и заданной годовой производительности 138 145,2 т / год по готовой продукции.

4.5.1 Расчет размеров бункеров

Расчёт бункеров с сырым магнезитом

Весовая ёмкость бункера определяется, P_6 , т:

$$P_6 = \frac{Q_7}{365 \cdot 24 \cdot n} \cdot M \text{ т}, \quad (34)$$

где Q_7 – потребность в сыром магнезите с учётом потерь при транспортировке и хранении, т/год;

n – количество потоков;

M – норма запаса материала, ч;

$M = 24 \text{ч}$ [6].

$$P_6 = \frac{144389,75}{365 \cdot 24 \cdot 2} \cdot 24 = 197,79 \text{ т}$$

Объём материала в бункере, $V_{\text{нас}}$, т/м³:

$$V_M = \frac{P_6}{P_{\text{нас}}} \text{ м}^2, \quad (35)$$

где $P_{\text{нас}}$ – насыпная масса материала, т/м³;

$P_{\text{нас}} = 1,85 \text{ т/м}^2$ [6].

$$V_M = \frac{197,79}{1,85} = 106,92 \text{ м}^2$$

Объем бункера, V_6 , м³:

$$V_6 = \frac{V_M}{K_{\text{зап}}} \text{ м}^3, \quad (36)$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

где $K_{зан}$ – коэффициент заполнения бункера;
 $K_{зан} = 0,8$.

$$V_6 = \frac{106,92}{0,8} = 133,64 \text{ м}^3$$

Принимаем форму и размеры бункера: $l_1 = l_2 = 6 \text{ м}$
 Размер выходного отверстия, d , мм:

$$d = k(D + 80) \operatorname{tg} \gamma_0 \text{ м}, \quad (37)$$

где k – опытный коэффициент;

$k = 2,6$;

γ_0 – угол естественного откоса материала;

$\gamma_0 = 37^\circ$ [6].

$$d = 2,6(40 + 80) \operatorname{tg} 37 = 0,23 \text{ м},$$

Угол наклона граней нижней части бункера к горизонту стенок, α :

$$\alpha = \gamma_0 + C \quad (38)$$

где C – линейный угол наклона;

$C = 7^\circ$.

$$\alpha = 37 + 7 = 44^\circ$$

Высота нижней части бункера из Δ ВСД, h_2 :

$$h_2 = \frac{l_2 - d}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ м}, \quad (39)$$

где α – угол наклона граней;

l_2 – размер верхней части бункера, м;

d – размер выходного отверстия, м.

$$h_2 = \frac{6 - 0,23}{2} \cdot \operatorname{tg} 44 = 2,8 \text{ м}$$

Высота верхней части бункера, h_1 :

$$h_1 = \frac{V_6 - \frac{1}{3} \cdot h_2 (l_1 \cdot l_2 + d^2 + \sqrt{l_1 \cdot l_2 \cdot d^2})}{l_1 \cdot l_2} \text{ м}, \quad (40)$$

$$h_1 = \frac{133,64 - \frac{1}{3} \cdot 2,8(6 \cdot 6 + 0,23^2 + \sqrt{6 \cdot 6 \cdot 0,23^2})}{6 \cdot 6} = 2,74 \text{ м},$$

Размеры бункера:

$l_1 = l_2 = 6 \text{ м}$

$d = 0,23 \text{ м}$

$h_1 = 2,74 \text{ м}$

$h_2 = 2,8 \text{ м}$

Расчёт бункеров с каустическим порошком

Весовая ёмкость бункера, P_6 , т (см. формулу 34):

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$P_6 = \frac{108278,71}{365 \cdot 24 \cdot 2} \cdot 24 = 148,32 \text{ т}$$

Объём материала в бункере, $V_{\text{нас}}$, т/м³ (см. формулу 35):

$$V_{\text{м}} = \frac{148,32}{1,07} = 138,62 \text{ м}^2$$

Объём бункера, V_6 , м³ (см. формулу 36):

$$V_6 = \frac{138,62}{0,8} = 173,28 \text{ м}^3$$

Принимаем форму и размеры бункера: $l_1 = L_2 = 6 \text{ м}$

Размер выходного отверстия, d , мм (см. формулу 37):

$$d = 2,6(0,063 + 80)\text{tg}22 = 0,084 \text{ м},$$

Угол наклона граней нижней части бункера к горизонту стенок, α (см. формулу 38):

$$\alpha = 22 + 8 = 30^0$$

Высота нижней части бункера из Δ ВСД, h_2 (см. формулу 39):

$$h_2 = \frac{6 - 0,084}{2} \cdot \text{tg}30 = 1,72 \text{ м}$$

Высота верхней части бункера, h_2 (см. формулу 40):

$$h_1 = \frac{173,28 - \frac{1}{3} \cdot 1,72(6 \cdot 6 + 0,084^2 + \sqrt{6 \cdot 6 \cdot 0,084^2})}{6 \cdot 6} = 4,23 \text{ м}$$

Размеры бункера:

$$l_1 = l_2 = 6 \text{ м}$$

$$d = 0,084 \text{ м}$$

$$h_1 = 4,23 \text{ м}$$

$$h_2 = 1,72 \text{ м}$$

Расчёт бункеров с сидеритом

Весовая ёмкость бункера, P_6 , т (см. формулу 34):

$$P_6 = \frac{19251,97}{365 \cdot 24 \cdot 2} \cdot 24 = 26,37 \text{ т}$$

Объём материала в бункере, $V_{\text{нас}}$, т/м³ (см. формулу 35):

$$V_{\text{м}} = \frac{26,37}{1,85} = 14,26 \text{ м}^2$$

Объём бункера, V_6 , м³ (см. формулу 36):

$$V_6 = \frac{14,26}{0,8} = 17,81 \text{ м}^3$$

Принимаем форму и размеры бункера: $l_1 = L_2 = 3 \text{ м}$

Размер выходного отверстия, d , мм (см. формулу 37):

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$d = 2,6(5 + 80)\text{tg}37 = 0,17 \text{ м},$$

Угол наклона граней нижней части бункера к горизонту стенок, α (см. формулу 38):

$$\alpha = 37 + 7 = 44^{\circ}$$

Высота нижней части бункера из Δ ВСД, h_2 (см. формулу 39):

$$h_2 = \frac{3 - 0,17}{2} \cdot \text{tg}44 = 1,37 \text{ м}$$

Высота верхней части бункера, h_1 (см. формулу 40):

$$h_1 = \frac{17,81 - \frac{1}{3} \cdot 1,37(3 \cdot 3 + 0,17^2 + \sqrt{3 \cdot 3 \cdot 0,17^2})}{3 \cdot 3} = 1,49 \text{ м}$$

Размеры бункера:

$$l_1 = l_2 = 3 \text{ м}$$

$$d = 0,17 \text{ м}$$

$$h_1 = 1,49 \text{ м}$$

$$h_2 = 1,37 \text{ м}$$

Расчёт бункеров для готовой продукции

Весовая ёмкость бункера, P_6 , т (см. формулу 34):

$$P_6 = \frac{138145,2}{365 \cdot 24 \cdot 2} \cdot 24 = 189,24 \text{ т}$$

Объём материала в бункере, $V_{\text{нас}}$, т/м³ (см. формулу 35):

$$V_{\text{м}} = \frac{189,24}{1,85} = 102,29 \text{ м}^2$$

Объём бункера, V_6 , м³ (см. формулу 36):

$$V_6 = \frac{102,29}{0,8} = 127,86 \text{ м}^3$$

Принимаем форму и размеры бункера: $l_1 = l_2 = 6 \text{ м}$

Размер выходного отверстия, d , мм (см. формулу 37):

$$d = 2,6(40 + 80)\text{tg}37 = 0,23 \text{ м}$$

Угол наклона граней нижней части бункера к горизонту стенок, α (см. формулу 38):

$$\alpha = 37 + 7 = 44^{\circ}$$

Высота нижней части бункера из Δ ВСД, h_2 (см. формулу 39):

$$h_2 = \frac{6 - 0,23}{2} \cdot \text{tg}44 = 2,8 \text{ м}$$

Высота верхней части бункера, h_1 (см. формулу 40):

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$h_1 = \frac{127,86 - \frac{1}{3} \cdot 2,8(6 \cdot 6 + 0,23^2 + \sqrt{6 \cdot 6 \cdot 0,23^2})}{6 \cdot 6} = 2,58 \text{ м}$$

Размеры бункера:

$$l_1 = l_2 = 6 \text{ м}; d = 0,23 \text{ м};$$

$$h_1 = 2,58 \text{ м}; h_2 = 2,80 \text{ м}.$$

4.5.2 Расчёт количества необходимых дозаторов

Годовая производительность, т/год:

$$Q_{\text{год.д}} = Q_{\frac{\text{т}}{\text{час}}} \cdot 366 \cdot 24 \cdot K_{\text{исп}} \text{ т/год} \quad (41)$$

$$n = \frac{Q_{\text{потр.}}}{Q_{\text{год}}} \quad (42)$$

где $Q_{\text{потр}}$ – потребность в шихте, т/год.

– сырой магнезит фракции 40–0мм; 55–60%; 8–10 т/ч;

$$n = \frac{144389,75}{10 \cdot 366 \cdot 24 \cdot 0,7} = 2,3 = 2$$

– каустический магнезит фракции менее 0,063 мм; 40–45 %; 12,0–15,0 т/ч;

$$n = \frac{108278,71}{12,0 \cdot 366 \cdot 24 \cdot 0,7} = 1,5 = 2$$

– сидерит фракции менее 5мм; 8%; 0,8–1,3 т/ч.

$$n = \frac{19251,97}{1,3 \cdot 366 \cdot 24 \cdot 0,7} = 2,4 = 2$$

Исходя из произведенных расчетов, на 2 вращающиеся печи принимаем шесть дозаторов «4488ДН-У-2» т.е. по 3 дозатора на 1 печь.

Таким образом, исходя из данных по выбору основного оборудования, дипломном проекте выбрана вращающаяся печь длиной 90 м. Рассмотрена характеристика основного оборудования. В данном дипломе в качестве изменения в существующую технологию вспомогательного оборудования выбран дозатор «4488 ДН-У Агроэскорт», приведена характеристика дозатора. А также рассмотрена характеристика к вспомогательному оборудованию.

Проведены расчеты необходимого количества основного и вспомогательного оборудования с учетом предложенного изменения в существующую технологию и заданной годовой производительности по готовой продукции. Основным оборудованием принимаем 2 вращающиеся печи. Исходя из произведенных расчетов, на 2 вращающиеся печи принимаем шесть дозаторов «4488ДН-У-2», т.е. по 3 дозатора на 1 печь.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Расчет горения топлива

С учетом заданной годовой производительности 138 145,2 т / год необходимо произвести расчеты горения топлива и теплового баланса.

Для расчета горения топлива в качестве топлива при обжиге флюса марки ФОМ, выбран природный газ Саратовского месторождения. Состав сухого газа представлен в таблице 19[14].

Таблица 19 – Состав сухого газа

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂	Σ
94,0%	1,20%	0,70 %	0,40 %	0,20 %	0,20 %	3,30 %	100 %

Газ сжигается с коэффициентом расхода воздуха $\alpha = 1,2$,

Влажностное содержание $d = 10$ г/кг сух. возд.[14].

Воздух идущий на горение нагревают до $t_r = 100$ °С.

Содержание влаги в газе $\omega = 1$ %.

Пересчитаем состав сухого газа на влажный рабочий газ:

$$CH_4^{вл} = CH_4^c \frac{100 - H_2O}{100} = 94 \frac{100 - 1}{100} = 93,0\% \quad (43)$$

Затем производится расчёт остальных составляющих газа и сводится в таблицу 20.

Таблица 20 – Состав влажного рабочего газа

CH ₄ ^{вл}	C ₂ H ₆ ^{вл}	C ₃ H ₈ ^{вл}	C ₄ H ₁₀ ^{вл}	C ₅ H ₁₂ ^{вл}	CO ₂ ^{вл}	N ₂ ^{вл}	Σ
93,0%	1,188%	0,693 %	0,396 %	0,198 %	0,198 %	3,267 %	100 %

Определяем теплоту сгорания топлива:

$$Q_H = 358,2 \cdot CH_4 + 637,5 \cdot C_2H_6 + 912,5 \cdot C_3H_8 + 1186,5 \cdot C_4H_{10} + 1460,8 \cdot C_5H_{12} \quad (44)$$

$$Q_H = 358,2 \cdot 93,0 + 637,5 \cdot 1,188 + 912,5 \cdot 0,693 + 1186,5 \cdot 0,396 + 1460,8 \cdot 0,198 = 35482 \text{ кДж/ч.}$$

Находим теоретически необходимое количество воздуха:

$$L_0 = 0,0476(2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12}) \quad (45)$$

$$L_0 = 0,0476(2 \cdot 93,0 + 3,5 \cdot 1,2 + 5 \cdot 0,7 + 6,5 \cdot 0,4 + 8 \cdot 0,2) = 9,42 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический расход необходимого количества атмосферного воздуха с учетом его влажности:

$$L'_0 = 0,016L_0, \quad (46)$$

$$L'_0 = 0,016 \cdot 9,42 = 9,57 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный расход сухого воздуха, L_α , $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_0, \quad (47)$$

$$L_\alpha = 1,2 \cdot 9,42 = 11,30 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный расход атмосферного воздуха, L_α , $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_0, \quad (48)$$

$$L_\alpha = 1,2 \cdot 9,57 = 11,48 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

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

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot (\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_5\text{H}_{12}) \quad (49)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01 \cdot (0,01 + 94,0 + 2 \cdot 1,20 + 3 \cdot 0,70 + 4 \cdot 0,40 + 5 \cdot 0,20) = 1,007 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01 \cdot (2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10} + 6\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{H}_2\text{O} + 0,16dL_\alpha),$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01 \cdot (2 \cdot 94,0 + 3 \cdot 1,20 + 4 \cdot 0,70 + 5 \cdot 0,40 + 6 \cdot 0,20 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,3) = 2,15 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01N_2 + 0,79L_\alpha \quad (50)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,01 \cdot 3,30 + 0,79 \cdot 11,3 = 8,957 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) L_0 \quad (51)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 9,42 = 0,40 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Общее содержание продуктов горения составляет:

$$V_\alpha = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2} \quad (52)$$

$$V_\alpha = 1,007 + 2,15 + 8,957 + 0,40 = 12,51 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Определяем процентный состав продуктов горения:

$$\text{CO}_2 = \frac{1,007 \cdot 100}{12,51} = 8,0\%$$

$$\text{N}_2 = \frac{8,957 \cdot 100}{12,51} = 71,6 \%$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{2,15 \cdot 100}{12,51} = 17,2 \%$$

$$\text{O}_2 = \frac{0,40 \cdot 100}{12,51} = 3,2 \%$$

Перевод нм^3 в кг производится путём умножения на плотность ρ , [1].

$$100 \text{ нм}^3 \rightarrow 100 \%$$

$$x_{\text{CH}_4} \rightarrow 93,0 \%$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$V_{\text{CH}_4} = 93,0 \text{ м}^3 \rho = 0,717 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,2 \text{ м}^3 \quad \rho = 1,356 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,7 \text{ м}^3 \quad \rho = 2,020 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0,4 \text{ м}^3 \quad \rho = 2,840 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0,2 \text{ м}^3 \quad \rho = 3,218 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,2 \text{ м}^3 \quad \rho = 1,977 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 3,0 \text{ м}^3 \quad \rho = 1,251 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ м}^3 \quad \rho = 0,804 \text{ кг/м}^3$$

$$m = V \cdot \rho,$$

$$m_{\text{CH}_4} = 93,00 \cdot 0,717 = 66,68 \text{ кг};$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,2 \cdot 1,356 = 1,63 \text{ кг};$$

$$m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,7 \cdot 2,020 = 1,41 \text{ кг};$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0,4 \cdot 2,840 = 1,14 \text{ кг};$$

$$m_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0,2 \cdot 3,218 = 0,64 \text{ кг};$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,2 \cdot 1,977 = 0,39 \text{ кг};$$

$$m_{\text{N}_2} = 3,0 \cdot 1,251 = 3,75 \text{ кг};$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \cdot 0,804 = 0,80 \text{ кг};$$

$$m_{\text{O}_2} = V_{\text{O}_2} \cdot \rho \cdot \alpha,$$

$$\alpha = 1,2, \rho = 1,429 \text{ кг/м}^3 [1].$$

$$V_{\text{O}_2} = L_0 \cdot 0,21 \cdot 100 = 9,42 \cdot 0,2 \cdot 100 = 197,8 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{O}_2} = 197,8 \cdot 1,2 \cdot 1,429 = 339,2 \text{ кг}$$

$$m_{\text{N}_2} = V_{\text{N}_2} \cdot \rho \cdot \alpha,$$

$$\alpha = 1,2, \rho = 1,251 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = L_0 \cdot 0,21 \cdot 100 = 9,42 \cdot 0,79 \cdot 100 = 744,18 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{N}_2} = 744,18 \cdot 1,2 \cdot 1,251 = 1117,16 \text{ кг}$$

Содержание влаги в воздухе составляет:

$$11,48 - 11,3 = 0,18 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ или } 0,18 \cdot 100 = 18 \text{ м}^3, \rho = 0,804 \text{ кг/м}^3$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,18 \cdot 100 \cdot 0,804 = 14,47 \text{ кг}.$$

Продукты

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 100 \cdot \rho = 2,15 \cdot 100 \cdot 0,804 = 172,86 \text{ кг}.$$

$$m_{\text{CO}_2} = 1 \cdot 100 \cdot 1,977 = 197,7 \text{ кг}.$$

$$m_{\text{N}_2} = 8,957 \cdot 100 \cdot 1,251 = 1120,52 \text{ кг}$$

$$m_{\text{O}_2} = 0,4 \cdot 100 \cdot 1,429 = 57,16 \text{ кг}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Материальный баланс процесса горения топлива, представлен в таблице 21

Таблица 21 – Материальный баланс процесса горения топлива

Приход	Кг	Расход	Кг
СН ₄	66,68	Продукты горения	
С ₂ Н ₆	1,63	СО ₂	197,70
С ₃ Н ₈	1,40	Н ₂ О	172,86
С ₄ Н ₁₀	1,41	Н ₂	1120,57
С ₅ Н ₁₂	0,14	О ₂	57,16
СО ₂	0,64		
Н ₂	4,09		
Н ₂ О	0,80		
Воздух			
О ₂	339,2		
Н ₂	1117,16		
Н ₂ О	14,47	Невязка	0,06%
Всего	1547,28	Итого	1547,28

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учётом подогрева воздуха до $t_{во} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\alpha = 1,2$ [1]. По справочным данным находим теплоту нагрева атмосферного воздуха: $i_{воз} = 130,2 \text{ кДж/м}^3$ [1].

$$i_{общ} = \frac{Q_H}{V_\alpha} + \frac{L_\alpha}{V_\alpha} \quad (53)$$

$$i_{общ} = \frac{35482}{12,5} + \frac{11,48 + 130,2}{12,5} = 2850 \text{ кДж/м}^3$$

По $i - t$ – диаграмме находим теоретическую температуру горения при $\alpha = 1,2$ – $t_{теор} = 1740 \text{ }^\circ\text{C}$.

Калориметрическая температура горения по этой же диаграмме при $\alpha = 1,2$ – $t_k = 1750 \text{ }^\circ\text{C}$ [1].

Определяем действительную температуру горения при коэффициенте $\eta_d = 0,8$.
Расчётное теплосодержание составит:

$$i'_{общ} = i_{общ} \cdot \eta_d = 2850 \cdot 0,8 = 2280 \text{ кДж/м}^3$$

По $i - t$ – диаграмме находим действительную температуру горения при $\alpha = 1,2$ с учетом диссоциации $t_r = 1450 \text{ }^\circ\text{C}$ [1].

5.2 Конструктивный расчет печи

Часовая производительность определяется, $P_{час}$, т/час:

$$P_{час} = \frac{P_{год} \cdot 1000}{365 \cdot 24 \cdot k_{исп}}, \quad (54)$$

где $P_{год}$ – годовая производительность печи, т/год;

$P_{\text{год}} = 69532,0$ т/год;

365 – количество дней в году;

24 – число часов в сутки;

$k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования печи во времени;

$k_{\text{исп}} = 0,83$ [2].

$$P_{\text{час}} = \frac{69532,0 \cdot 1000}{365 \cdot 24 \cdot 0,83} = 9563,18 \text{ т/час,}$$

Внутренняя поверхность печи определяется, $F_{\text{вн}}$, м²:

$$F_{\text{вн}} = \frac{P_{\text{час}}}{P'_{\text{уд}}}, \quad (55)$$

где $P'_{\text{уд}}$ – съём продукции с м² поверхности печи, кг/м² · час.

$$F_{\text{вн}} = \frac{9563,18}{9,4} = 1017,36 \text{ м}^2$$

Длина печи определяется, L , м:

$$L = \frac{F_{\text{вн}}}{\pi \cdot D'}, \quad (56)$$

$$L = \frac{1017,36}{3,14 \cdot 3,6} = 90 \text{ м}$$

Принимаем стандартную печь длиной 90 м.

5.3 Расчет теплового баланса печи.

Рассчитаем коэффициенты прихода тепла.

Тепло от горения топлива, $Q_{\text{топ}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{топ}} = Q_{\text{н}}^p \cdot V, \quad (57)$$

где V – часовой расход топлива, м³/час.

$Q_{\text{топ}} = 35482V$ кДж/час

Физическое тепло воздуха, $Q_{\text{воз}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{воз}} = L_{\alpha} \cdot i'_{\text{в}} \cdot V, \quad (58)$$

$$Q_{\text{воз}} = 11,30 \cdot 130,2 = 1471,26V \text{ кДж/час,}$$

Сумма прихода тепла, $Q_{\text{прих}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{топ}} + Q_{\text{воз}}, \quad (59)$$

$$Q_{\text{прих}} = 35482V + 1471,26V = 36953,26V \text{ кДж/час}$$

Произведем расчет коэффициентов расхода и потерь тепла.

Расход тепла на нагрев материала, $Q_{\text{м}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{м}} = P_1 \cdot c_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} - P_2 \cdot c_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}}, \quad (60)$$

где P_1 – производительность печи по выгружаемому материалу, кг/час;

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$P_1=9563,18;$$

P_2 – производительность печи по загружаемому материалу, кг/час, определяется по формуле 45;

c_H, c_K – соответственно теплоёмкости материала, взятые при начальной и конечной температурах, кДж/кг·град, определяется по формулам 61, 62;

t_H, t_K – соответственно начальная и конечная температура материала, °С;

$$t_H=20\text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_K=1500\text{ }^\circ\text{C}.$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{100}{100 - \text{ппп}}, \quad (61)$$

где ппп – потери при прокаливании, %;

$$\text{ппп} = 35,21\%.$$

$$P_2 = 9563,18 \cdot \frac{100}{100 - 35,21} = 14760,27 \text{ кг/час}$$

$$c_H = (0,942+0,00025 \cdot 20) = 0,947 \text{ кДж/кг·град} \quad (62)$$

$$c_K = (0,942+0,00025 \cdot 1500) = 1,317 \text{ кДж/кг·град} \quad (63)$$

$$Q_M = 9563,18 \cdot 1,317 \cdot 1500 - 14760,27 \cdot 0,947 \cdot 20 = 1\,861\,250 \text{ кДж/час}$$

Расход тепла на испарение влаги, $Q_{\text{исп}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{исп}} = [2500 + 1,967 \cdot (t_{\text{yx}} - t_H)] \cdot W, \quad (64)$$

где 2500 – скрытая производительность парообразования, кДж/час;

1,967 – теплоёмкость воды, кДж/кг·град;

t_{yx} – температура отходящих газов из печи, °С;

$$t_{\text{yx}} = 400\text{ }^\circ\text{C}.$$

W – количество испаряемой влаги, кг/час,:

$$W = P_2 \cdot \frac{\omega}{100 - \omega}, \quad (65)$$

где ω – относительная влажность материала, поступающего в печь, %;

$$\omega = 5\% [14].$$

$$W = 14760,27 \cdot \frac{5}{100 - 5} = 776,86 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{исп}} = 2500 + 1,967 \cdot (400 - 20) \cdot 776,86 = 2522821,78 \text{ кДж/час}$$

Расхода тепла на химические реакции, $Q_{\text{хим}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{хим}} = q_{\text{хим}} \cdot G_{\text{хим}}, \quad (66)$$

где $q_{\text{хим}}$ – теплота, расходуемая на физико-химические процессы 1 кг исходного вещества в необожженном продукте, кДж/кг;

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$q_{\text{хим}}=1925\text{кДж/кг Fe}_2\text{O}_3;$$

$$q_{\text{хим}}=2750\text{кДж/кг MgO};$$

$$q_{\text{хим}}=3177\text{кДж/кг CaO}.$$

$G_{\text{хим}}$ – количество исходного вещества в материале, загружаемом в печь, кг/час:

$$G_{\text{хим}} = \frac{n\% \cdot P_2}{100}, \quad (67)$$

где $n\%$ – количество химического вещества в материале, %;

$$n\%_{\text{MgO}}=68,1\%;$$

$$n\%_{\text{CaO}}=3,39\%;$$

$$n\%_{\text{Fe}_2\text{O}_3}=3,36\%;$$

$$G_{\text{хим}} \text{MgO} = \frac{68,1 \cdot 14760,27}{100} = 10051,74 \text{ кг/час}$$

$$G_{\text{хим}} \text{CaO} = \frac{3,39 \cdot 14760,27}{100} = 500,37 \text{ кг/час}$$

$$G_{\text{хим}} \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{3,36 \cdot 14760,27}{100} = 495,95 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{хим}} = 2750 \cdot 10051,74 + 3177 \cdot 500,37 + 1925 \cdot 495,95 = 30186664,24 \text{ кДж/час}$$

Потери тепла с уходящими продуктами разложения, $Q_{\text{дис}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{дис}} = P_2 \cdot [0,0004 \cdot \text{CaO} + 0,005 \cdot \text{MgO}] \cdot i_{\text{CO}_2}, \quad (68)$$

где CaO, MgO – соответственно процентное содержание этих компонентов в обожженных материалах, %;

$$\text{CaO}=12\%;$$

$$\text{MgO}=70\% [14];$$

i_{CO_2} – теплосодержание углекислого газа в продуктах горения, кДж/м³

$$i_{\text{CO}_2}=772,1 \text{ кДж/м}^3 [14].$$

$$Q_{\text{дис}} = 14760,27 \cdot [0,0004 \cdot 12 + 0,005 \cdot 70] \cdot 772,1 = 4043444,30 \text{ кДж/час}$$

Потери тепла с уносимым материалом, $Q_{\text{ун}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{ун}} = G_{\text{ун}} \cdot c_{\text{ун}} \cdot t_{\text{ун}}, \quad (69)$$

где $G_{\text{ун}}$ – количество уносимого материала определяется по формуле 70, кг/час;

$i_{\text{ун}}$ – теплоёмкость материала, взятая при температуре отходящих газов, кДж/кг·град;

$$i_{\text{ун}}=1,037 \text{ кДж/кг·град.}$$

$$G_{\text{ун}} = \frac{\%_{\text{ун}} \cdot P_2}{100}, \quad (70)$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

где $\%_{\text{ун}}$ – процент уноса материала из печи, %;

$\%_{\text{ун}}=20\%$;

$$G_{\text{ун}} = \frac{20 \cdot 14760,27}{100} = 2952,05 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{ун}} = 2952,05 \cdot 1,037 \cdot 400 = 1224510,34 \text{ кДж/час}$$

Потери тепла с уходящими газами, $Q_{\text{дым}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{дым}} = V_{\alpha} \cdot i_{\text{дг}} \cdot V, \quad (71)$$

где $i_{\text{дг}}$ – теплосодержание дымовых газов, взятых при температуре отходящих дымовых газов, кДж/м³;

$$i_{\text{дг}}=564,0 \text{ кДж/м}^3 [5].$$

$$Q_{\text{дым}}=12,38 \cdot 564,0 \cdot V=6982,32V \text{ кДж/час}$$

Потери тепла в окружающую среду определяются по формуле 72, $Q_{\text{окр}}$, кДж/час:

$$Q_{\text{окр}} = \frac{3,6 \cdot (t_{\text{г}} + t_{\text{в}}) \cdot F}{\frac{1}{\alpha_{\text{г}}} + \sum \frac{S}{\lambda_{\text{ср}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}}, \quad (72)$$

где $t_{\text{г}}$ – температура газа на данном участке, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха, °С;

F – площадь стен и свода, м²;

$\alpha_{\text{г}}$ – коэффициенты теплопередачи от печных газов к стенкам внутри рабочего пространства, Вт/м² · град;

$$\alpha_{\text{г}}=7 \div 14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град};$$

$\sum \frac{S}{\lambda_{\text{ср}}}$ – сумма тепловых сопротивлений отдельных слоев кладки, м²·град;

S – толщина слоя кладки, м;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·град;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплопередачи от окружающей поверхности печи окружающему воздуху, Вт/м² · град;

$$\alpha_{\text{в}}=10 \div 17 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}.$$

Рассчитаем температуры и теплопроводность первого участка печи. Протяженность которого составляет $L=40$ м; $t_{\text{yx}}=400$ °С; $t_1=1450$ °С.

Средняя температура участка определяется по формуле 73, $t_{\text{ср}}$:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{yx}} + t_1}{2}, \quad (73)$$

где t_{yx} – температура уходящих газов, °С.

$$t_{\text{ср}} = \frac{400 + 1450}{2} = 925 \text{ °С}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Температуры t_1, t_2, t_3, t_{cp1} определяются по формулам 74–77:

$$t_1 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2}, \quad (74)$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2}, \quad (75)$$

$$t_3 = \frac{t_{cp} + t_B}{2}, \quad (76)$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (77)$$

$$t_1 = \frac{1450 + 925}{2} = 1187,5^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{1225 + 925}{2} = 1075^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{925 + 40}{2} = 482,5^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{1187,5 + 1075}{2} = 1131,25^\circ\text{C}$$

Теплопроводность, $\lambda_{ш}$, Вт/м*град:

$$\lambda_{ш} = 0,70 - 0,00064 \cdot t_{cp} \quad (78)$$

$$\lambda_{ш} = 0,70 - 0,00064 \cdot 1131,25 = 1,42 \text{ Вт/м*град}$$

$$\Sigma \frac{S}{\lambda} = \frac{0,23}{1,42} + \frac{0,05}{50} = 0,161 \text{ м}^3 \cdot \text{град}$$

$$F_1 = 3,14 \cdot 3,6 \cdot 40 = 452,16$$

$$Q_{окр1} = \frac{3,6 \cdot (925 - 40) \cdot 452,16}{\frac{1}{7} + \frac{0,23}{1,42} + \frac{0,05}{50} + \frac{1}{10}} = 3592473,22 \text{ кДж/час}$$

Рассчитаем температуры и теплопроводность второго участка печи, его длина составляет $L = 30$ м.

Средняя температура участка (см. формулу 73):

$$t_{cp} = \frac{1500 + 1450}{2} = 1475^\circ\text{C}$$

Температуры t_1, t_2, t_3, t_{cp1} (см. формулы 74–77):

$$t_1 = \frac{1500 + 1475}{2} = 1487,5^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{1487,5 + 1475}{2} = 1481,25^\circ\text{C}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$t_3 = \frac{1481,3 + 60}{2} = 770,65^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{1487,5 + 1481,3}{2} = 1484,4^\circ\text{C}$$

Теплопроводность определяется, $\lambda_{в/г}$, Вт/м*град:

$$\lambda_{в/г} = 1,52 - 0,00018t_{cp} \quad (79)$$

$$\lambda_{в/г} = 1,52 - 0,00018 \cdot 1484,4 = 1,25 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

$$\Sigma \frac{S}{\lambda} = \frac{0,23}{1,25} + \frac{0,05}{50} = 0,18\text{м}^3 \cdot \text{град}$$

$$F_2 = 3,14 \cdot 3,6 \cdot 30 = 339,12$$

$$Q_{окр2} = \frac{3,6 \cdot (1475 - 60) \cdot 339,12}{\frac{1}{7} + \frac{0,23}{1,25} + \frac{0,05}{50} + \frac{1}{10}} = 4113041,14 \text{ кДж/час}$$

Рассчитаем температуры и теплопроводность третьего участка, длиной которого $L = 20$ м.

Средняя температура участка (см. формулу 73):

$$t_{cp} = \frac{1500 + 1200}{2} = 1350^\circ\text{C}$$

Температуры t_1 , t_2 , t_3 , t_{cp1} (см. формулы 74–77):

$$t_1 = \frac{1500 + 1350}{2} = 1425^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{1425 + 1350}{2} = 1387,5^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{1387,5 + 40}{2} = 713,75^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{1425 + 1387,5}{2} = 1406,25^\circ\text{C}$$

Теплопроводность, $\lambda_{ш}$, Вт/м*град:

$$\lambda_{ш} = 0,70 - 0,00064t_{cp} \quad (80)$$

$$\lambda_{ш} = 0,70 - 0,00064 \cdot 1406,25 = 0,63 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$$

$$\Sigma \frac{S}{\lambda} = \frac{0,23}{0,63} + \frac{0,05}{50} = 0,37\text{м}^3 \cdot \text{град}$$

$$F_3 = 3,14 \cdot 3,6 \cdot 20 = 226$$

$$Q_{окр3} = \frac{3,6 \cdot (1350 - 40) \cdot 226}{\frac{1}{7} + \frac{0,23}{0,63} + \frac{0,05}{50} + \frac{1}{10}} = 1747239,34 \text{ кДж/час}$$

Общие потери тепла в окружающую среду, $Q_{окр}$, кДж/час:

$$Q_{окр} = Q_{окр1} + Q_{окр2} + Q_{окр3} \quad (81)$$

$$Q_{окр} = 3592473,22 + 4113041,14 + 1747239,34 = 9452753,70 \text{ кДж/час}$$

Неучтенные потери тепла, $Q_{неуч}$, кДж/час

$$Q_{неуч} = 0,07 \cdot Q_{прих} \quad (82)$$

$$Q_{неуч} = 0,07 \cdot 39603,73 \text{ В} = 2772,26 \text{ В кДж/час}$$

Расход топлива, определяется по формулам 83, 84, V , $\text{м}^3/\text{час}$

$$Q_{прих} = Q_{расх} \quad (83)$$

$$Q_{расх} = 18612502,58 + 2522821,78 + 30186664024 + 3896430,69 + 1224510,34 + 6982,32 \text{ В} + 9452753,70 + 2772,26 \text{ В} = 65895683,33 + 9754,58 \text{ В}$$

$$36953,26 \text{ В} = 65895683,33 + 9754,58 \text{ В}$$

$$36953,26 \text{ В} - 9754,58 \text{ В} = 65895683,33$$

$$V = 65895683,33 / 27198,68 \quad (84)$$

$$V = 65895683,33 / 27198,68 = 2422,75 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расход условного топлива, $V_{усл}$, кг у.т/час

$$V_{усл} = \frac{V \cdot Q_{н}^p}{29300} \quad (85)$$

$$V_{усл} = \frac{2422,75 \cdot 35482}{29300} = 2933,93 \text{ кг у. т/час}$$

Процент условного топлива определяется по формуле 86, $V_{усл}$, %

$$V_{усл} = \frac{V_{усл} \cdot 100}{P_1} \quad (86)$$

$$V_{усл} = \frac{2933,93 \cdot 100}{9563,18} = 30,68\%$$

Тепловой баланс печи приведен в таблице 22.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Таблица 22–Тепловой баланс прихода и расхода тепла

Приход			Расход		
Статья	кДж/час	%	Статья	кДж/час	%
От горения топлива	77597843,0	88,75	На нагрев материала	18612502,58	21,25
Вносимое по-догретым воздухом	9832143,42	11,24	Испарение влаги	2522821,78	2,88
			Химические реакции	30186664,24	34,47
			С уходящими продуктами разложения	4043444,30	4,62
			С уносимым материалом	1224510,34	1,40
			С уходящими газами	15414309,28	17,60
			В окружающую среду через кладку	9452753,70	10,79
			Неучтенные потери тепла	6120096,62	6,99
			Невязка		-0.1
итого	87429986,42	100	итого	87577102,84	100

Невязка определяется по формуле 87, невязка, %:

$$\text{невязка} = \frac{\sum Q_{\text{пр}} - \sum Q_{\text{расх}}}{\sum Q_{\text{пр}}} \cdot 100\% \quad (87)$$

$$\text{невязка} = \frac{87429986,42 - 87577102,84}{87429986,42} \cdot 100\% = -0,1\%$$

Распределение температур по длине печи представлено на рисунке 2

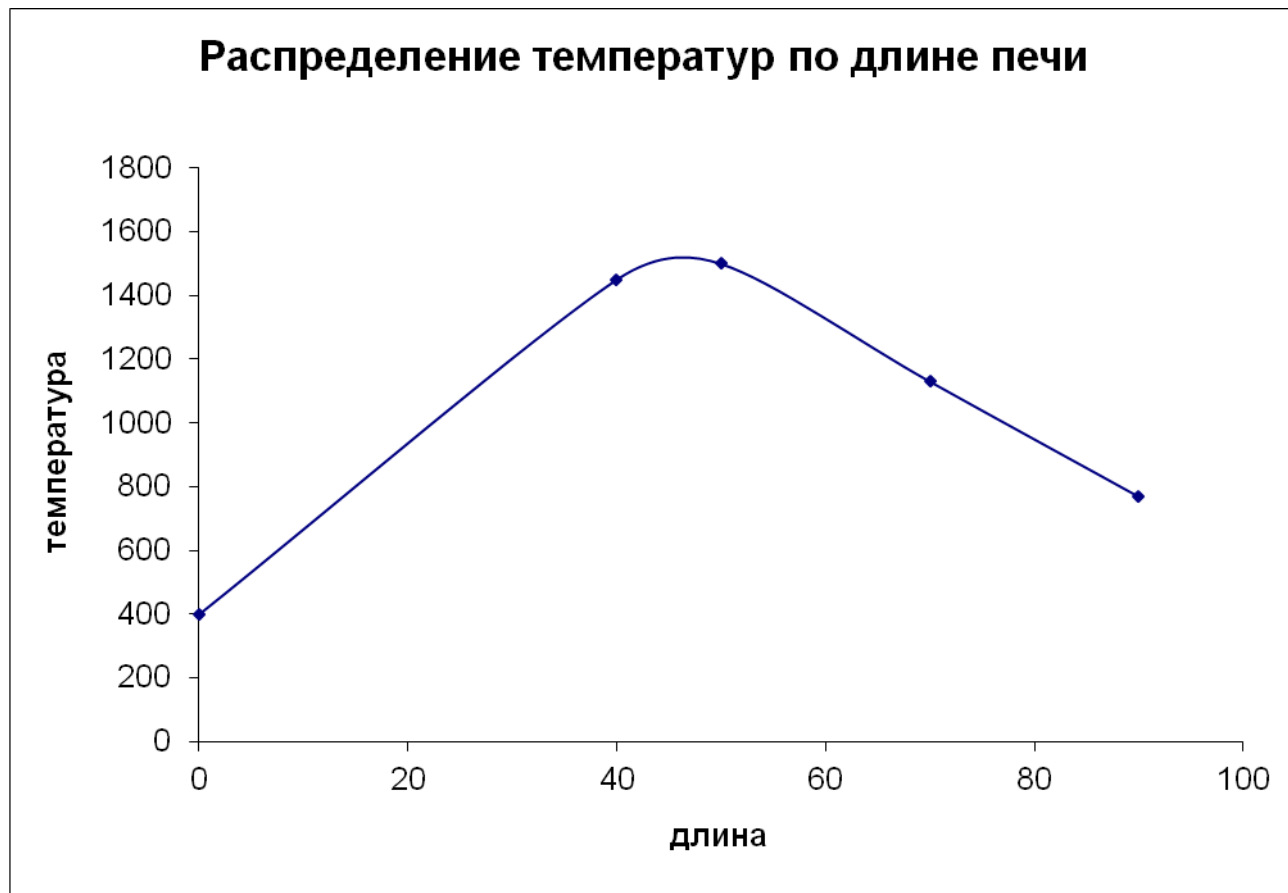


Рисунок 2–Распределение температур по длине печи

Таким образом в качестве топлива при обжиге флюса марки ФОМ , в данном дипломном проекте выбран природный газ Саратовского месторождения. Выполнен расчет горения топлива, составлен материальный баланс прихода и расхода рабочего газа, его продуктов горения. Сделан расчет теплового баланса печи, прихода и расхода тепла. Расход условного топлива составил $V_{\text{усл}} = 2933,93$ кг у. т/час.

6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

6.1 Краткое описание процессов обжига

Автоматизация процесса обжига сырого магнезита во вращающейся печи, это сложный процесс. Схема автоматизации показана в приложении Д. Процесс обжига сырого магнезита это есть термическое разложение, осложняется наличием примесей в исходном сырье и влиянием газодинамических характеристик печи. Обжиг сырого магнезита оснащен различными процессами, это нагрев магнезита, испарение влаги, плавление легкоплавких примесей и др.[15]. При обжиге сырого магнезита идет снижение объема материала, при чем изменения зависят от многих факторов, самый значительный фактор это фракционный и химический состав поступаемого сырья. Так же влияет на изменение объема материала температурный факел печи, т.е. распределение температур по длине печи. К изменениям течения потока газа в печи а так же газодинамических параметров в целом происходит при различной степени изменения объема материала. Далее происходят отклонения в режиме горения топлива, меняется положение факела, а это влияет на положение зоны обжига, поэтому нужна автоматическая регулировка. Производительность печи и качество продукта на выходе определяет температура в этой зоне[16].

Обжиг каустика более сложный процесс, чем обжиг сырого магнезита, почему, потому что каустический магнезит это тонкодисперсный материал, он создает в рабочем пространстве печи, пылевое облако которое движется вдоль всей печи и соответственно усложняет работу печи. В результате нужно отметить датчики, которые расположены в зоне обжига печи, они запылятся каустическим магнезитом и уже не корректно выдают температуру. Поэтому нужно прежде чем разрабатывать автоматизированную систему обжига, нужно было провести большое количество исследований и для того чтобы определить как при запыленности датчиков каустическим магнезитом измеряется изменение погрешностей температуры[16].

Управление происходит по пяти основным параметрам, это регулирование загрузки сырого магнезита, каустика; регулировка расхода топлива или природного газа; регулировка скорости вращения печи и разряжения в пылевой камере.

В нормальном режиме управление процесса обжига выглядит таким образом:

- в зоне обжига печи установлены термопары, для того что бы не было налипания и пыль перемещалась более равномерно, загрузка сырого магнезита устанавливается в пределах 7–10 т/ч; Что бы управлять температурой в пылевой камере, регулируют загрузку каустика.

- для стабилизации зоны обжига, в небольшом пределе в пылевой камере регулируют разрежение;

- что бы облегчить управление изменения температуры меняют подачу газа. При быстром изменении температуры, то регулируют подачу газа;

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- загрузку сырого и каустического магнезита уменьшают при падении температуры в печи, ведь у печи замедляется скорость вращения. Сама скорость вращения печи зависит от технологического процесса.

Такой режим работы может привести к перегрузке печи, из-за чего температура в зоне обжига падает и зона обжига смещается в сторону выхода, поэтому может образоваться брак, падает и качество материала и может возникнуть загорание транспортерных лент. Что бы вернуть печь в нужный режим ее ставят на "скорость", при этом загрузка снижается примерно на 30 – 50% и уменьшается скорость вращения печи. Если этих мер недостаточно то увеличивают подачу газа, чтобы сместить зону обжига в сторону загрузочного конца печи [16].

Постановка печи «на скорость» приводит к ряду негативных последствий.

- Возникает тепловой удар на футеровку.
- При тепловом ударе возникает вероятность возникновения аварийных ситуаций, остановки технологического процесса, выхода из строя печи.
- Уменьшается средняя загрузка печи, увеличивается удельный расход топлива.

- Непостоянство качества готовой продукции. Нарушается оптимальное соотношение топливо/воздух, изменяется скорость перемещения газов в пространстве печи, изменяются величины разрежений по длине печи вследствие изменения толщины слоя материала.

- Увеличивается пылевынос: уменьшение температуры в зоне обжига приводит к увеличению длины зоны каустизации, увеличение толщины слоя материала вызывает увеличение скорости движения газов в пространстве печи.

Существует тезис о само стабилизации хода технологического процесса обжига в силу действия комплекса обратных связей: перегрузка печи ведет к увеличению толщины слоя материала и, как следствие, к росту перепада разрежений по длине печи и удлинению зоны каустизации из-за смещения зоны обжига в сторону горячей головки печи; это влечёт за собой значительный рост пылевыноса, при котором уносится существенное количество материала, толщина слоя уменьшается и процесс обжига нормализуется. Однако цена такой «самостабилизации» — перерасход сырья, топлива, рост пылевыноса, ухудшение качества продукции, а также риск пропуска необожженного материала, что является предпосылкой к аварии (загоранию транспортерных лент и полной остановке производства)[15].

6.2 Автоматизированное управление ходом

Для того чтобы такие негативные явления, указанные выше по тексту, не происходили естественно нужно автоматизировать управление вращающейся печи. Автоматизированное управление ходом технологического процесса основной своей целью имеет стабилизацию с высокой точностью температурного режима вращающейся печи с внесением минимальных возмущений в ход процесса, а также управление плавным изменением параметров режима при необходимости оптимальной настройки хода технологического процесса.

Таким образом, автоматизированное управление ходом технологического процесса реализуется как адаптивное управление загрузкой сырого магнезита, расхо-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

дом природного газа и разрежением в зависимости от изменения температур в пылевой камере, в газоходе, в пересыпном колодце и от статистических данных о загрузке и температуре в газоходе.[15]

Адаптивность управления реализуется через изменение коэффициентов передачи регулятора и через использование в качестве настроечных коэффициентов не постоянных величин, а определенным образом обработанных значений самих контролируемых величин; таким образом, регулятор теплового режима вращающейся печи представляет собой многоконтурную многосвязную адаптивную систему с элементами прогнозирования.

В данном случае на "Комбинате Магнезит" установлен регулятор теплового режима этот регулятор учитывает следующие параметры технологического процесса:

- средней величины загрузки за последний час;
- средней величины загрузки за последние пять минут;
- скорости изменения температуры в пылевой камере;
- средней скорости изменения температуры в пылевой камере за последние пять минут;
- ускорения изменения температуры в пылевой камере;
- скорости изменения температуры в газоходе;
- ускорения изменения температуры в газоходе;
- разности средней температуры в пылевой камере и заданной температуры;
- разности прогнозируемой и текущей температур в пылевой камере;
- разности прогнозируемой и заданной температур в пылевой камере.

Главным в работе регулятора теплового режима является принцип внесения минимальных возмущений в ход технологического процесса. Регулятор постоянно рассчитывает значение загрузки в текущий момент, необходимое для оптимального управления технологическим процессом. Под оптимальным управлением понимается изменение загрузки сырого магнезита настолько, насколько это необходимо для удержания хода технологического процесса в заданных границах, без перегрузки или недогрузки печи. Необходимое воздействие на печь достигается путем управления загрузкой таким образом, что среднее значение загрузки, в конечном итоге определяющее ход технологического процесса, остается величиной практически постоянной в промежутке времени, сравнимом с общим временем движения материала в печи.[16]

На рисунке показана автоматизированная система управления вращающейся печи. Данная система контроля и управления вращающейся печью установлена "Комбинате Магнезит" в цехе ЦМП-3.

Она состоит как указано на рисунке, из трех блоков: это блок оператора, блок диспетчера и блок цеха контроля приборов и аппаратов (КПиА).

Все сигналы от вращающейся печи сначала поступают оператору ,т.е. обжигальщику, затем сигнал поступает к диспетчеру, после чего в цех измерения приборов и аппаратов, где установлен непосредственно регулятор теплового режима(РТР). Затем с РТР опять сигнал идет на пульт диспетчеру и от него уже далее поступает на пульт к обжигальщику и он уже видит как можно отрегулировать

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

тот или иной параметр. Автоматизированное рабочее место обжигальщика, а пример с экрана компьютера на рабочем месте обжигальщика. Каким образом обжигальщик может менять тот или иной параметр, видно, что один параметр вышел за пределы нормы и его необходимо привести в нормальное состояние. Соответственно в программе установлены параметры оптимального режима, обжигальщик находит в программе необходимый параметр, который нужно нормализовать, в этом ему помогает и схема работы всей печи и соответственно он передает сигнал на печь, для того чтобы начать работа в автоматизированной системе печи по исправлению данной ошибки. Но к сожалению, нужно отметить, что эта ошибка в работе она выводится не в течении часа и не в пределах суток, а требуется около 2 – 3 суток чтобы печь вышла на оптимальный режим работы. Поэтому очень часто следят на "Комбинате Магнезит" не полностью за работой всей вращающейся печи, а следят только за отдельными стадиями обжига, в этом случае удобнее и быстрее вывести печь на оптимальный уровень режима обжига сырья.[15]

6.3 Аппаратные средства и ПО

Система контроля и управления вращающимися печами реализована на базе IBM PC совместимых аппаратных средств и стандартной сетевой аппаратуры Ethernet, Arcnet. Поскольку система выполняет ответственные управляющие функции, к её техническим средствам предъявляются очень жесткие требования по надежности. Требуемые показатели надежности достигаются с помощью резервирования основных компонентов системы

В системе контроля и управления вращающимися печами реализовано «горячее» резервирование с «безударным» подхватом всех функций. Аналогичный подход реализован и на других технологических объектах ОАО «Комбинат Магнезит», где внедрена система МАИС и присутствуют управляющие функции.[15]

В качестве инструментальных программных средств при реализации системы использовалась система МАИС, разработанная НТЦ «Лидер» (г. Озерск)[16].

Это полностью отечественная разработка, учитывающая специфику приборного парка и исполнительных механизмов российских предприятий. Разработчики могут адаптировать программные средства к особенностям конкретного предприятия и конкретной технологии.

Итак, вращающаяся печь является сложным объектом автоматизации, но в то же время важным, поскольку правильный режим обеспечивает однородность и высокое качество обожженного магнезита, удлинение срока службы футеровки, увеличение коэффициента использования печи, а также снижение удельного расхода топлива. Назначение системы автоматического регулирования состоит в обеспечении стабилизации качества обжига, снижении расхода топлива и ручного труда. В данной выпускной работе изложены описание и управление процессом обжига, осуществление автоматизированного управления, а так же структура системы, указаны аппаратные средства и программные обеспечение.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Основные вредности производства

Флюс – малоопасный, практически нетоксичный материал. Основное вредное вещество флюса – оксид магния MgO , относится к 4 классу опасности.

Флюс содержит вредные вещества: диоксид кремния SiO_2 (3–й класс опасности), оксид кальция CaO (2 класс опасности), Fe_2O_3 (4 класс опасности), сера S (4 класс опасности).

В производственных условиях, при изготовлении и применении флюса, вредным производственным фактором является неорганическая пыль, которая может оказывать раздражающее действие на слизистые глаз и дыхательных путей человека. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должна превышать: 4 $мг/м^3$ по MgO ; 1 $мг/м^3$ по CaO ; $-/4$ $мг/м^3$ по SiO_2 ; $-/6$ $мг/м^3$ по Fe_2O_3 и по S . В числителе максимальная разовая, а в знаменателе – среднесменная ПДК.

При производстве и применении флюса работникам необходимо использовать специальную одежду, обувь и другие средства индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011, обеспечивающие безопасные условия труда.

Общие требования безопасности и контроля содержания вредных веществ в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005 и ГОСТ 12.1.007.

При погрузочно-разгрузочных работах необходимо соблюдать общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.009.

Максимальное значение эффективной удельной активности природных радионуклидов ($A_{эфф}$) во флюсе не должно превышать 740 Бк/кг – материал I класса.

Применение флюса по назначению, хранение и транспортировка без ограничений по радиационному фактору. Утилизация производственных отходов при производстве и применении флюса на свалках общепромышленных отходов без ограничения по радиационному фактору.

Флюс не горюч, не взрывоопасен и не поддерживает горение [17].

7.2 Безопасность обслуживания аппаратов и агрегатов

Безопасная эксплуатация вращающейся печи. Для обеспечения безаварийной работы вращающейся печи обжигальщик перед началом работы обязан произвести наружный осмотр состояния печи, холодильника, подогревателя сырья, вспомогательных устройств и механизмов, проверить наличие сырья. При подготовке к пуску вращающейся печи, работающей на газообразном топливе, обжигальщик осматривает задвижки и предохранительные клапаны газопроводов; работающей на жидком топливе, проверяют исправность мазутопровода, паропровода, контрольно-измерительных приборов топливной системы.

При поведении процесса обжига персонал должен следить за показаниями контрольно-измерительных приборов.

Наиболее опасным процессом при эксплуатации вращающейся печи является сжигание технологического топлива. Обслуживающий персонал должен строго выполнять все мероприятия, направленные против образования и накопления пы-

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

ли в помещениях вращающихся печей.

При обслуживании вращающихся печей возможны случаи травмирования людей, движущимися или вращающимися частями механизмов и оборудования. Поэтому они должны быть ограждены сплошными металлическими ограждениями.

Периодически необходимо производить осмотры пылеосадительных камер вращающихся печей. Если возникает необходимость спуска рабочих в пылеосадительные камеры, то следует пользоваться исправными люками. При угрозе несчастного случая или аварии печной агрегат должен быть немедленно остановлен по команде мастера смены.

Персонал, обслуживающий вращающиеся печи и холодильные барабаны, должен знать инструкции и технику безопасности, а также должен знать правила оказания первой помощи [17].

Безопасная эксплуатация грохотов. Разделение материала по фракциям осуществляется с помощью грохотов. Для предупреждения выделения пыли в воздух рабочей зоны, грохоты следует заключать в герметичные металлические кожухи, которые в свою очередь должны быть подключены к аспирационной системе.

Для создания безопасных условий при эксплуатации грохотов необходимо устанавливать постоянный надзор за их исправностью, обеспечением требований правил безопасности при подготовке оборудования к пуску и остановке.

При подготовке к пуску грохотов их осматривают, убирают с машины посторонние предметы и очищают грохот от остатков материала. Проверяют наличие смазочного материала в подшипниках, исправность колосников, решет (сит), натяжение приводных ремней, убеждаются в отсутствии возле грохота людей, а затем включают его в работу.

Во время эксплуатации грохотов запрещается стоять вблизи дебалансных грузов, разгрузочной его части, проводить какие-либо ремонтные работы. При попадании на грохот крупных кусков материала в головной их части необходимо устанавливать завесы из качающихся стержней, отбойных или других деталей, отражающих удары этих кусков, а над приемными воронками у разгрузочного конца грохота – отбойные стенки.

7.3 Производственная санитария

Производственная санитария представляет собой систему организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов. Требования производственной санитарии учитываются при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и помещений для предприятий огнеупорной промышленности. Основные требования изложены в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий» (СН 245–71).

Чтобы обеспечить охрану природы создаются малоотходные производства либо безотходные. Разрабатывают процессы получения огнеупорных материалов, которые не несут за собой отходы. Внедряют системы переработки отходов, т.е. как вторичное производство. Создают производства на основе очистки сточных вод.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Мелкодисперсная пыль с размером частичек от 0,55 до 1 мкм образуется при огнеупорном производстве и попадает как в помещения так и в окружающую среду. Снизить запыленность позволяет централизованная подготовка порошков и увлажнения шихты, герметизация узлов пересыпки огнеупорных материалов, очистка отходящих газов.

Для обеспечения очистки от пыли используют циклоны. Циклоны улавливают пыль размером частиц до 5–6 мкм, а более мелкие до 0,01 мкм улавливают в электрофильтрах, степень очистки достигает более 99%.

Огнеупорные заводы загрязняют окружающую среду отходящими газами, пылью, сточными водами. Концентрация данных веществ в сточных водах и в воздухе не должны быть больше предельно допустимой нормы (ПДК) в населенной местности, водоемах, в воздухе рабочей зоны и т.д. ПДК в воздухе рабочей зоны не более $0,5\text{м}^2/\text{м}^3$.

Шум и вибрация. Шум и вибрация являются вредными производственными факторами. Шум негативно влияет на органы слуха. При воздействии шума снижается чувствительность слуха, так проявляется защитная реакция организма и называется адаптацией слуха, т.е. это уже первый симптом который может привести к глухоте.

Когда человек работает с вибрирующим объектом, им воспринимается вибрация, которая так же негативно влияет на нервную систему, зрение, слух, ЖКТ, мышцы и на нервную систему. Особенно вредны вибрации с близкой частотой собственного тела, рук 30-80Гц, органов 6-9 Гц. Вибрация воздействует локально, т.е. на отдельные участки тела либо общее- на все тело.

Для устранения вредного воздействия на работающих повышенного уровня шума, вибрации применяют различные методы. Так, для устранения повышенного уровня шума применяют: технические средства (уменьшения шума в источнике его образования, использование технологических процессов, при которых уровни звукового давления на рабочих местах не превышают допустимые, и т.д.); строительно-акустические мероприятия (звукоизоляция, звукопоглощение, глушители шума, вибропоглощение). Методы защиты от вибрации можно разделить на три группы: применение вибробезопасных технологических процессов; снижение виброактивности оборудования, являющегося источником колебаний; виброизоляция, демпфирование и динамическое гашение колебаний.

Производственное освещение. Большое значение имеет освещение производственных объектов и их территории. Освещенность в пределах санитарной нормы позволяет длительное время сохранить устойчивость зрения без утомления, особенно когда работа связана с движущимися предметами, снижается риск травматизма, движения человека могут быть быстрыми и уверенными. Дневной свет лучше воспринимается органами зрения, поэтому необходимо так же использовать естественное освещение. Все помещения будь они производственными, административными или бытовыми имеют естественное освещение, а также имеют и искусственное.

Для освещения основных цехов, отделений и участков огнеупорной промышленности применяют, как правило, систему общего освещения с равномерным

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

или локализованным расположением светильников.

Для дополнительного освещения при ремонте и наладке оборудования устанавливается переносное освещение [17].

Подытожив можно сказать, что флюс – малоопасный, практически нетоксичный материал. Основное вредное вещество флюса – оксид магния MgO, относится к четвертому классу опасности. Флюс содержит вредные вещества: диоксид кремния SiO₂ относится к третьему классу опасности, оксид кальция CaO имеет второй класс опасности, Fe₂O₃ и сера относятся к четвертому классу опасности. При производстве и применении флюса работникам необходимо использовать специальную одежду, обувь и другие средства индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011, обеспечивающие безопасные условия труда.

Таким образом, рассмотрены такие вопросы как основные вредности производства, безопасное обслуживание аппаратов, а также производственная санитария.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

8.1 Организация труда и заработной платы

В работе разрабатывается цех по производству флюса ожелезненного магнизиального. Готовой продукцией флюс ожелезненный магнизиальный (ФОМ). Сырьем для производства этих изделий служит: магнизит марки МП, уловленный каустический магнизитовый порошок ПМК–90, сидерит Бакальского месторождения.

Основным оборудованием в цехе является вращающаяся печь.

Производительность отделения 138 145,2 т/год

Структурная схема управления производством представлена на рисунке 3.

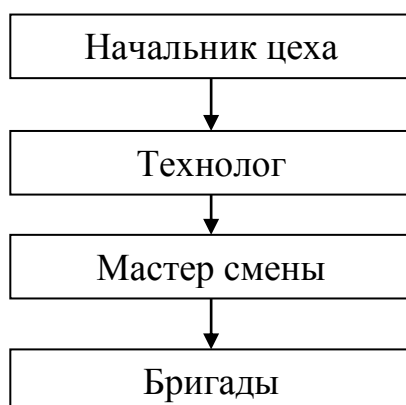


Рисунок 3 – Структурная схема управления производством

Баланс рабочего времени – это система показателей использования рабочего времени сотрудниками в течение определенного календарного периода (как правило, за год). Цель баланса рабочего времени – определение эффективного (полезного) фонда времени работников с учетом средней продолжительности, принятого календарного режима работы, планируемых невыходов на работу и внутрисменных регламентированных перерывов. Баланс рабочего времени необходим для определения резервов роста эффективности труда за счет лучшего использования рабочего времени и для определения плановой численности работников.

Для составления баланса рабочего времени необходимо воспользоваться данными производственного календаря на 2020год. Баланс рабочего времени на одного работающего представлен в таблице 26 (смотри таблицу 23)

Таблица 23 – Баланс рабочего времени на одного работающего на 2020 год

Показатели	Прерывный режим работы 1 см 8 час		Непрерывный режим работы 2см·12 час	
	Календарный фонд	365	2920	365
Праздничные и выходные дни	118	590	180	2160
Номинальный фонд	247	1976	185	2220
Невыходы на работу – всего	34	272	34	408
в том числе:				
- отпуск;	28		28	
- болезни;	4		4	
-прочие невыходы	2		2	
Эффективный фонд				
- в днях;	213	1704	151	1812
- в %	58,13		41,4	

8.2 Графики выходов на работу

Графики выходов рабочих на работу обеспечивают соблюдение установленной длительности смены и рабочей недели; правильное чередование работы и отдыха; установления единого для всех рабочих количества дневных, вечерних и ночных смен работы; создание необходимых условий для ликвидации обезлички в обслуживании рабочих мест, а также постоянный состав производственных бригад в сменах и руководство каждой сменой. Графики для прерывного производства предусматривают общий еженедельный день отдыха для рабочих и могут составляться на одно-, двух-, трех -, четырехсменные режимы работы предприятий или участка. При двухсменной работе рабочие поочередно работают одну неделю в первую смену и другую неделю во вторую смену. При работе в три смены могут быть два варианта чередований смен: в порядке их последовательности и порядке обратной последовательности смен. График односменной работы с длительностью рабочей смены 8 часов и двумя выходными днями приведен в таблице 24(см. таблицу 24).

Таблица 24– График выходов на работу на март 2020 г

Числа месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Продолжительность рабочей смены, час	8	8	в	в	8	8	8	8	в	в	8	8	8	8	В	В	8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Явочный состав, Чяв., чел.:

$$\text{Ч яв.} = A \cdot \text{ч} \cdot \text{п см.}, \quad (88)$$

где A – число агрегатов или рабочих мест, ед. ;

ч – численность рабочих, необходимая для обслуживания одного агрегата или рабочего места в смену, чел.;

п см – число смен в сутки, см.

$$\text{Ч яв. 1} = 6 \cdot 0,33 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 2} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 3} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 4} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 5} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 6} = 6 \cdot 0,33 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 7} = 6 \cdot 0,33 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 8} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 9} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

$$\text{Ч яв. 10} = 2 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ чел}$$

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

Списочный состав, Чсп., чел :

$$\text{Ч сп.} = \text{Ч яв.} \cdot \text{К сп.}, \quad (89)$$

где Ч яв. – явочная численность рабочих, чел. ;

К сп. – списочный коэффициент.

Величина коэффициента списочного состава зависит от годового режима работы предприятия.

Коэффициенты списочного состава:

$$\text{Ксп.} = \text{Т ном.} / (365 - \text{Т пр. и вых.} - \text{Т отп.}) \cdot 0,96, \quad (90)$$

где Т ном. – номинальный фонд времени, дней. ;

Т пр. и вых. – число праздничных и выходных, дней.

Т отп. – отпускные дни, дней;

0,96 – коэффициент, учитывающий все остальные невыходы на работу, разрешенные законом.

$$\text{Ксп.} = 185 / (365 - 180 - 28) \cdot 0,96 = 1,22$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Чсп. 1 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 2 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 3 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 4 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 5 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 6 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 7 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 8 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 9 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.
 Чсп. 10 = 4 · 1,22 = 4,88~5 чел.

На основании представленных расчетов составляем таблицу 26.

Таблица 26 – Штатное расписание рабочих

Наименование профессии	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб./час.	Явочный состав, чел.	В том числе по сменам		Списочный коэффициент	Списочный состав, чел.
				1	2		
Шихтовщик–дозировщик	III	28.3	4	2	2	1,22	5
Обжигальщик	VI	45.68	4	2	2	1,22	5
Помощник обжигальщика	V	39.23	4	2	2	1,22	5
Машинист холодильного барабана	II	27.55	4	2	2	1,22	5
Дробильщик	IV	34.35	4	2	2	1,22	5
Просеивщик	III	28.3	4	2	2		5
Машинист конвейера	III	28.3	4	2	2		5
Грузчик	II	27.55	4	2	2		5
Электрик	VI	45.68	4	2	2	1,22	5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР

Лист

70

Окончание таблицы 26

Наименование профессии	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб./час.	Явочный состав, чел.	В том числе по сменам		Списочный коэффициент	Списочный состав, чел.
Слесарь-наладчик	IV	34.35	4	2	2	1,22	5
Итого:			40	20	20		50

8.4 Расчет фонда заработной платы и начислений на заработную плату

Фонд рабочего времени повременно-премиальный, ФРВпов-пр, см·чел·час:

$$\text{ФРВпов-пр} = \text{Тр} \cdot \text{п см} \cdot \text{т см} \cdot \text{Ч яв.}, \quad (91)$$

где Тр – число рабочих дней в году, дн.;

п см – число смен в сутках, см.;

т см – продолжительность смены, час;

Ч яв. – явочная численность.

$$\text{ФРВ пов-пр 1} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 2} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 3} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 4} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 5} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 6} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 7} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 8} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 9} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ пов-пр 10} = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 4 = 14592 \text{ чел/час}$$

Фонд рабочего времени, отработанного в ночь, ФРВноч., чел/час :

$$\text{ФРВ ноч.} = \text{ФРВ пов-пр} / 3 \quad (92)$$

$$\text{ФРВ ноч. 1} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 2} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 3} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 4} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 5} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 6} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 7} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 8} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 9} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

$$\text{ФРВ ноч. 10} = \frac{14592}{3} = 4864 \text{ чел/час}$$

Заработная плата по повременно–премиальной системе оплаты труда, ФЗП пов–пр, руб. :

$$\text{ФЗП пов– пр} = \text{T ст} \cdot \text{ФРВ пов– пр} \cdot \text{П}, \quad (93)$$

где Тст– часовая тарифная ставка, руб./час. ;

ФРВ пов–пр – фонд рабочего времени , чел/час.;

П – показатель премии (предлагается преподавателем 50%).

$$\text{ФЗП пов– пр1} = 14592 \cdot 28,3 \cdot 1,5 = 619430,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 2} = 14592 \cdot 45,68 \cdot 1,5 = 999843,8 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 3} = 14592 \cdot 39,23 \cdot 1,5 = 858666,2 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 4} = 14592 \cdot 27,55 \cdot 1,5 = 603014,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 5} = 14592 \cdot 34,35 \cdot 1,5 = 751852,8 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 6} = 14592 \cdot 28,3 \cdot 1,5 = 619430,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр7} = 14592 \cdot 28,3 \cdot 1,5 = 619430,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 8} = 14592 \cdot 27,55 \cdot 1,5 = 603014,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр 9} = 14592 \cdot 45,68 \cdot 1,5 = 999843,8 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП пов– пр10} = 14592 \cdot 34,35 \cdot 1,5 = 751852,8 \text{ руб.}$$

Доплата за ночное время работы, Д ноч., руб:

$$\text{Д ноч.} = 0,4 \cdot \text{ФРВ ноч.} \cdot \text{T ст}, \quad (94)$$

где Тст – часовая тарифная ставка, руб./час. ;

ФРВ ноч. – ночной фонд рабочего времени , чел/час.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$\text{Д ноч. 1} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 28,3 = 55060,5 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 2} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 45,68 = 88875,01 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 3} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 39,23 = 76325,89 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 4} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 27,55 = 53601,28 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 5} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 34,35 = 66831,4 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 6} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 28,3 = 55060,5 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 7} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 28,3 = 55060,5 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 8} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 27,55 = 53601,28 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 9} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 45,68 = 88875,01 \text{ руб.}$$

$$\text{Д ноч. 10} = 0,4 \cdot 4864 \cdot 34,35 = 66831,4 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата, ОЗП, руб.:

$$\text{ОЗП} = \text{ФЗП пов-пр} + \text{Д ноч}, \quad (95)$$

где ФЗП пов-пр – фонд заработной платы повременно-премиальный, руб.;

Д ноч. – доплата за ночное время, руб.

$$\text{ОЗП 1} = 619430,4 + 55060,5 = 674491,0 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 2} = 999843,84 + 88875,01 = 1088718,9 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 3} = 858666,24 + 76325,89 = 934992,13 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 4} = 603014,4 + 53601,28 = 656615,7 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 5} = 751852,8 + 66831,4 = 818684,2 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 6} = 619430,4 + 55060,5 = 674491,0 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 7} = 619430,4 + 55060,5 = 674491,0 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 8} = 603014,4 + 53601,28 = 656615,7 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 9} = 999843,84 + 88875,01 = 1088718,9 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП 10} = 751852,8 + 66831,4 = 818684,2 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата с районным коэффициентом (районный коэффициент 15%), ОЗП р.к., руб.:

$$\text{ОЗП р.к.} = 1,15 \cdot \text{ОЗП}, \quad (96)$$

где ОЗП – основная заработная плата, руб.

$$\text{ОЗП р.к. 1} = 1,15 \cdot 674491,0 = 775664,70 \text{ руб}$$

$$\text{ОЗП р.к. 2} = 1,15 \cdot 1088718,9 = 1252026,70 \text{ руб}$$

$$\text{ОЗП р.к. 3} = 1,5 \cdot 934992,13 = 1075240,94 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП р.к. 4} = 1,5 \cdot 656615,7 = 755108,10 \text{ руб}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$\begin{aligned} \text{ОЗП р. к. 5} &= 1,5 \cdot 818684,2 = 941486,83 \text{ руб} \\ \text{ОЗП р. к. 6} &= 1,15 \cdot 674491,0 = 775664,70 \text{ руб.} \\ \text{ОЗП р. к. 7} &= 1,15 \cdot 674491,0 = 775664,70 \text{ руб.} \\ \text{ОЗП р. к. 8} &= 1,5 \cdot 656615,7 = 755108,10 \text{ руб.} \\ \text{ОЗП р. к. 9} &= 1,15 \cdot 1088718,9 = 1252026,70 \text{ руб.} \\ \text{ОЗП р. к. 10} &= 1,5 \cdot 818684,2 = 941486,83 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Фонд дополнительной зарплаты в % от ОЗП р.к., ДЗП, руб.:

$$\text{ДЗП} = \% \cdot \text{ОЗП р. к.}, \quad (97)$$

где ОЗП р.к.– основная заработная плата с районным коэффициентом, руб.
% ДЗП задает преподаватель (10%).

$$\begin{aligned} \text{ДЗП 1} &= 0,1 \cdot 775664,70 = 77566,5 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 2} &= 0,1 \cdot 1252026,70 = 125202,7 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 3} &= 0,1 \cdot 1075240,94 = 107524,1 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 4} &= 0,1 \cdot 755108,10 = 75510,8 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 5} &= 0,1 \cdot 941486,83 = 94148,7 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 6} &= 0,1 \cdot 775664,70 = 77566,5 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 7} &= 0,1 \cdot 775664,70 = 77566,5 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 8} &= 0,1 \cdot 755108,10 = 75510,8 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 9} &= 0,1 \cdot 1252026,70 = 125202,7 \text{ руб.} \\ \text{ДЗП 10} &= 0,1 \cdot 941486,83 = 94148,7 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Общий фонд заработной платы, ФЗПобщ., руб.:

$$\text{ФЗПобщ.} = \text{ОЗП р. к.} + \text{ДЗП}, \quad (98)$$

где ОЗП р.к.– основной фонд заработной платы с районным коэффициентом, руб. ;

ДЗП – дополнительная заработная плата, руб.

$$\begin{aligned} \text{ФЗП 1} &= 775664,70 + 77566,5 = 853231,2 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 2} &= 1252026,70 + 125202,7 = 1377229,4 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 3} &= 1075240,94 + 107524,1 = 1182765,04 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 4} &= 755108,10 + 75510,8 = 830618,9 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 5} &= 941486,83 + 94148,7 = 1035635,53 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 6} &= 775664,70 + 77566,5 = 853231,2 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 7} &= 775664,70 + 77566,5 = 853231,2 \text{ руб.} \\ \text{ФЗП 8} &= 755108,10 + 75510,8 = 830618,9 \text{ руб.} \end{aligned}$$

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

$$\text{ФЗП } 9 = 1252026,70 + 125202,7 = 1377229,4 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП } 10 = 941486,83 + 94148,7 = 1035635,53 \text{ руб.}$$

На основании произведенных расчетов заполняем таблицу 27.

Таблица 27 – Фонд заработной платы рабочих

Наименование профессии	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб/час	Явочная численность, Чел.	Фонд рабочего времени, чел/час		
				ФРВ пов-пр, чел/час	ФРВ ноч., чел/час	Итого ФРВ, чел/час
Шихтовщик-дозировщик	III	28,3	4	14592	4864	19456
Обжигальщик	VI	45,68	4	14592	4864	19456
Помощник обжигальщика	V	39,23	4	14592	4864	19456
Машинист холодильного барабана	II	27,55	4	14592	4864	19456
Дробильщик	IV	34,35	4	14592	4864	19456
Просеивщик	III	28,3	4	14592	4864	19456
Машинист конвейера	III	28,3	4	14592	4864	19456
Грузчик	II	27,55	4	14592	4864	19456
Электрик	VI	45,68	4	14592	4864	19456
Слесарь-наладчик	IV	34,35	4	14592	4864	19456
Итого			40	145920	48640	194560

Продолжение таблицы 27

Фонд заработной платы, руб.					
ФЗП пов-пр, руб.	Д ноч., руб.	ОЗП, руб.	ОЗП с р.к., руб.	ДЗП, руб.	ФЗП общ., руб.
619430,4	55060,5	674491,0	775664,70	77566,5	853231,2
999843,84	88875,01	1088718,9	1252026,70	125202,7	1377229,4
858666,24	76325,89	934992,13	1075240,94	107524,1	1182765,04
603014,4	53601,28	656615,7	755108,10	75510,8	830618,9
751852,8	66831,4	818684,2	941486,83	94148,7	1035635,53
619430,4	55060,5	674491,0	775664,70	77566,5	853231,2
619430,4	55060,5	674491,0	775664,70	77566,5	853231,2
603014,4	53601,28	656615,7	755108,10	75510,8	830618,9
999843,84	88875,01	1088718,9	1252026,70	125202,7	1377229,4
751852,8	66831,4	818684,2	941486,83	94148,7	1035635,53
Итого					10229426,3

Сумма начислений на заработную плату (30% от общего ФЗП), НЗП, руб.:

$$\text{НЗП} = \text{ФЗП общ.} \cdot 0,30, \quad (99)$$

где ФЗП общ. – общий фонд заработной платы, руб.

$$\text{НЗП} = 10229426,3 \cdot 0,30 = 3068828 \text{ руб.}$$

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР				

8.5 Расчет затрат на материалы

Затраты на материалы определяются по нормативам или по расходу на весь объем с учетом цен на продукцию в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Используемое количество для мероприятия	Цена за единицу в руб.	Сумма в руб.
Сырой магнезит МП	тонн	144 389,75	900	129 950 775
Сидерит	тонн	19 251,97	4 260	82 013 392,2
Итого	тонн			211 964 167,2

8.6 Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию производится по двухставочному тарифу. Первая часть тарифа представляет собой плату за установленную мощность высоковольтных двигателей. Вторая часть тарифа представляет собой плату за потребленную активную энергию. Расчет затрат на электроэнергию представлен в формуле 100 :

$$C_{э} = a \cdot N + b \cdot W, \quad (100)$$

где a – плата за 1 кВт установленной мощности (220 руб\кВт);

N – установленная мощность , кВт;

b – плата за 1 кВт*час (4,48 руб\кВт);

W – потребленная активная энергия , кВт.

$$C_{э} = 220 \cdot 507,2 + 4,48 \cdot 2\,025\,132,5 = 9\,184\,177,6$$

Расчет баланса рабочего времени производим по формуле 101, T , маш/час:

$$T = T_r \cdot n_{см} \cdot t_{см} \cdot K_{исп.}, \quad (101)$$

$$T = 152 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 3100,8 \text{ маш/час}$$

где T_r – число рабочих дней в году, дн.;

$n_{см}$ – число смен в сутках, см;

$t_{см}$ – продолжительность смены, час.;

$K_{исп.}$ – коэффициент использования (0,85).

Расчет расхода электроэнергии производим в таблице 29.

Таблица 29 – Расчет расхода электроэнергии

Наименование оборудования	Количество, ед.	Номинальная мощность оборудования, кВт	Суммарная мощность оборудования, кВт, N	Баланс рабочего времени (Т), маш/час	Расход эл. Энергии, кВт/час, W
Дозатор 4488ДН-У-2 «Агроэс-корт»	6	1,1	6,6	3100,8	20 465,28
Ленточный конвейер	6	3	18	3100,8	55 814,4
Вращающаяся печь 90м.	2	150	300	3100,8	930 240
Грохот ГИЛ-32	6	4	24	3100,8	74 419,2
КМД-1200	2	75	150	3100,8	465 120
ВСЕЛУГ НМК-4КВ	1	4,1	4,1	3100,8	465 120
Тельфер	1	4,5	4,5	3100,8	13 953,6
Итого			507,2		2 025 132,5

8.7 Расчет затрат на амортизацию

Амортизация – возмещение стоимости износа путем постепенного переноса на готовую продукцию в соответствии с нормами амортизации.

Норма амортизации – годовой процент возмещения стоимости износа (берется из Постановления Совета Министров СССР от 22 октября 1990 г. № 1072, или рассчитывается самостоятельно, исходя из срока службы оборудования).

В общем случае амортизация определяется по формуле 102, А, руб.:

$$A = C \cdot \frac{Na}{100}, \quad (102)$$

где С – общая стоимость основных фондов, млн. руб.;

Na – норма амортизации, %.

Амортизационные отчисления производятся в течение нормативного срока амортизационного периода службы машин и оборудования в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет суммы амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Количество	Стоимость единицы	Стоимость на количество ОФ	Норма амортизации На, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Дозатор 4488ДН-У-2 «Агроэс-корт»	6	800 000	4 800 000	4,5	216 000
Ленточный конвейер	6	120 000	720 000	14,3	102 960
Вращающаяся печь 90м.	2	53 000 000	106 000 000	20	21 200 000
Грохот ГИЛ-32	6	380 000	2 280 000	5,6	127 680
КМД-1200	2	480 000	960 000	6,7	64 320
ВСЕЛУГ НМК-4КВ	1	850000	850 000	7,5	63 750
Тельфер	1	800 000	800 000	7,0	56 000
Итого				65,6	21 830 710

8.8 Расчет прочих затрат

Расчет затрат на охрану труда

Расходы по охране труда состоят из затрат по заработной плате персонала, занятого на работах по охране труда, материалам, топливу, содержанию бань – пропускников, стоимости спецодежды, спецобуви и других индивидуальных средств защиты.

В курсовой работе расходы по данной статье принимают в размере 5 % от основной заработной платы с равным коэффициентом. Расчет затрат на охрану труда производится по формуле 103, ОТ, руб.:

$$ОТ = ФЗП_{раб.} \cdot 5\%, \quad (103)$$

где ФЗП раб. – общий фонд заработной платы рабочих, руб.

$$ОТ = 10229426,3 \cdot 5 = 511471,32 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание оборудования

Затраты на содержание оборудования берутся в размере 60% от суммы начисленной амортизации и рассчитывается по формуле 104, Зсод.об., руб.:

$$Зсод.об. = \sum A \cdot 60\%, \quad (104)$$

где $\sum A$ – сумма амортизации, руб.

$$\text{Зсод. об.} = 21\,830\,710 \cdot 60 = 13\,098\,426 \text{руб.}$$

8.9 Расчет фонда заработной платы АУП

Расчет производится на основе принятой структуры управления, согласно представленной схеме «Структурная схема управления производством» и производится в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет заработной платы АУП

Должность	Оклад Руб./мес	К-во Чел.	Годовой оклад, руб/год	ОЗП с р.к. 15%, руб	ДЗП, 10%, Руб.	Всего ФЗП, Руб.
Начальник цеха	45 000	1	540 000	621 000	62 100	683 100
Технолог	35 000	1	420 000	483 000	48 300	531 300
Мастер	25 000	1	300 000	345 000	34 500	379 500
Итого		3				1 593 900

Расчет фонд заработной платы АУП с начислениями (30,0%) производится по формуле 105, ФЗП с нач, руб.:

$$\text{ФЗП с нач.} = \text{ФЗП АУП} \cdot 1,30, \quad (105)$$

где ФЗП_{АУП} – фонд заработной платы АУП, руб.

$$\text{ФЗП с нач.} = 1\,593\,900 \cdot 1,3 = 2\,072\,070 \text{руб.}$$

8.10 Составление сводной сметы затрат

Составление сводной сметы затрат на производство продукции представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Смета затрат на производство продукции

Элементы затрат	Годовые затраты, руб.	Годовой объем производства, т	Затраты на единицу продукции, руб.
Фонд заработной платы рабочих	10 229 426,3		
Начисления на заработную плату рабочих	3 068 828		
Материалы	211 964 167,2		
Эл. энергия	9 184 177,6		
Амортизация	21 830 710		
Охрана труда	511 471,32		
Содержание оборудования	13 049 826		
Фонд заработной платы АУП с начислениями	2 072 070		
Всего затрат	271 910 676,4	138 145,2	1968,3

Расчет рентабельности единицы продукции производится по формуле 106, R, %:

$$R = \frac{Ц - \frac{С}{С}}{С/С} \cdot 100\%, \quad (106)$$

где Ц – цена единицы продукции, руб.;

С\С – себестоимость единицы продукции, руб.

$$R = (2280 - 1968,3) / 1968,3 \cdot 100 = 15,8\%$$

В результате предложенной организации труда и выбранного оборудования для производства продукции затраты на единицу продукции составили 1968,3 руб. Техничко-экономические показатели предоставлены в приложении Е. Рентабельность продукции составила 15,8%. Нормативная рентабельность 15%. Следовательно, организация производственного процесса по производству флюса ожелезненного магниального, с предложенным оборудованием и полученным затратами для предприятия экономически выгодна.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

ЗКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрено совершенствование технологии производства флюса марки ФОМ, путем замены дозатора марки «ЛДА» на марку «4488-ДН-У Агроэсорт».

Проведен сравнительный анализ производства флюсов марки ФОМ в России и за рубежом, в ходе изучения стало известно, что данное производство как в России так и за рубежом состоит из идентичных стадий производства.

С учетом предложенного изменения в существующую технологию по производству флюса и заданной годовой производительности 138145,2 т / год составлен материальный баланс, который показал, что для производства готовой продукции потребуется 144389,8 т/год – сырого магнезита марки МП фракции 40–0 мм; 108278,7 т/год каустического порошка марки ПМК-75, фракции 0,063мм.; 19251,97 т/год сидерита фракции менее 5 мм. Выведены расходные коэффициенты (1,96 т. сырья/т. готовой продукции).

Для производства флюса во вращающейся печи выбран природный газ Саратовского месторождения. Выполнен расчет горения топлива, составлен материальный баланс прихода и расхода рабочего газа, его продуктов горения. Сделан расчет теплового баланса печи, прихода и расхода тепла. Расход условного топлива составил 2933,9 кг. у. т. / час.

Подобрано и определено необходимое количество единиц основного и вспомогательного оборудования:

Вращающаяся печь – 2.

Рассчитано необходимое количество дозаторов – 6.

Описана автоматизация производства.

В экономической части выполнены необходимые расчеты с учетом изменений в существующую технологию.

Себестоимость продукции флюса марки ФОМ составила – 1968,3 руб.

Рентабельность продукции составила 15,8%. Нормативная рентабельность 15%. Следовательно, организация производственного процесса по производству флюса ожезненного магнезиального, с предложенным оборудованием и полученным затратами для предприятия экономически выгодна.

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Кашеев И.Д. Химическая технология огнеупоров / И.Д. Кашеев, К.К. Стрелов. – М.: Интермент Инженеринг, 2007. – 752 с.
- 2 Ларин А.П. Огнеупорное производство, том 2 / А.П. Ларин, В.П. Викторов. – М.: Металлургия 2008. – 583 с.
- 3 Дюдюкин Д.А. Современная технология производства стали / Д.А. Дюдюкин, В.В. Кисленко. – М.: Теплотехник, 2007. – 528 с.
- 4 Гусовский В.Л. Флюсы. Справочник / В.Л. Гусовский, А.Е. Лифшин, М.Г. Ладыгичев – М.: Теплотехник, 2008. – 258 с.
- 5 Хорошавин Л.Б., Магнезиальные огнеупоры: Справ. изд./ Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын. – М.: Интермент Инженеринг, 2001. – 276 с.
- 6 Аксельрод Л.М. Служба огнеупоров: Справ. Изд / Л.М. Аксельрод, И.Д. Кашеева, Е.Е. Трищенко. – М.: Интермет. Инженеринг, 2005.– 656 с.
- 7 Стрелов К.К., Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К.К. Стрелов. – М.: Металлургия, 1985 – 480 с.
- 8 Турчин М.Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии производства и использования магнезиальных и шлакообразующих материалов для кислородно-конвертерного процессов / М.Ю. Турчин. – М.: Из-во МГТУ им. Носова, 2018. – 147 с.
- 9 Орлов С.П. Весы и дозаторы / С.П. Орлов, С.С. Михайловский, К.К. Тимофеев – М.: Машиностроение, 1972. – 198 с.
- 10 Севостьянов В.С. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий / В.С. Севостьянов, В.С. Богданов. – М.: ИНФРА–М, 2005. – 432 с.
- 11 Кайнарский И. С. Основные огнеупоры / И.С. Кайнарский, Э.В. Дегтярев. – М.: Металлургия, 2007. – 367 с.
- 12 Бочаров Л.Д. Классификация несоответствий продукции «ОАО Комбинат Магнезит» / Л.Д. Бочаров, И.Г. Марясев. – М.: Челябинский дом печати, 2009. – 318 с.
- 13 Викторов В.П. Автоматизация огнеупорного производства / В.П. Викторов. – М.: Металлургия, 2006. – 246 с.
- 14 Левченко П.В. Расчёт печей и сушил силикатной промышленности / П.В. Левченко. – М.: Высшая школа 2005.– 366 с.
- 15 Шатилов О.А. Автоматизированная система контроля и регулирования вращающихся печей / О.А. Шатилов, А.В. Челпанов, С.Н. Чуйков. – М.: Металлургия, 2008. – 315 с.
- 16 Гусовский В.Л. Флюсы. Справочник / В.Л. Гусовский, А.Е. Лифшин, М.Г. Ладыгичев – М.: Теплотехник, 2008. – 258 с.
- 17 Откидач В.В., Вышинский В.В., Охрана труда в огнеупорном производстве / Откидач В.В. – М.: Металлургия, 2008. – 136 с.
- 18 Горфинкель В. Экономика фирмы, учебник для бакалавров / В. Горфинкель. – М.: Юрайт, 2012.– 687 с.
- 19 <http://agroescort.spb.ru/projects/lentochnye-dozatory> (12.02.2020)
- 20 <https://gigabaza.ru/doc/63838-pall.html> (17.02.2020)

					18.03.01.2020.211.087 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Характеристика исходного сырья для производства флюса марки ФОМ

18.03.01.2020.211.087.ПЗ

Перв. примен.

Справ. №

	Наименование показателей	МП	ПМК-75	Сидерит
	1	2	3	4
1	Массовая доля, %			
	CaO, не более	6,0	4,5	-
	SiO ₂ , не более	45	3,5	-
	Fe ₂ O ₃ , не менее	-	-	42,0
2	Размер, мм	40,0	0,063	5
3	Массовая доля влаги, не более, %	7	1,5	4,0
4	Массовая доля, %, проход через сетку			
	№2	-	100	-
	№13	-	-	15

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Васильева А.В.		
Проб.		Баяндина Т.В.		
Т.контр.		Баяндина Т.В.		
Н.контр.		Микерина О.С.		
Утв.		Виноградов К.М.		

18.03.01.2020.211.087.ПЗ

Характеристика исходного сырья для производства флюса марки ФОМ

Лит.	Масса	Масштаб
Д		1:1
Лист 1	Листов 6	

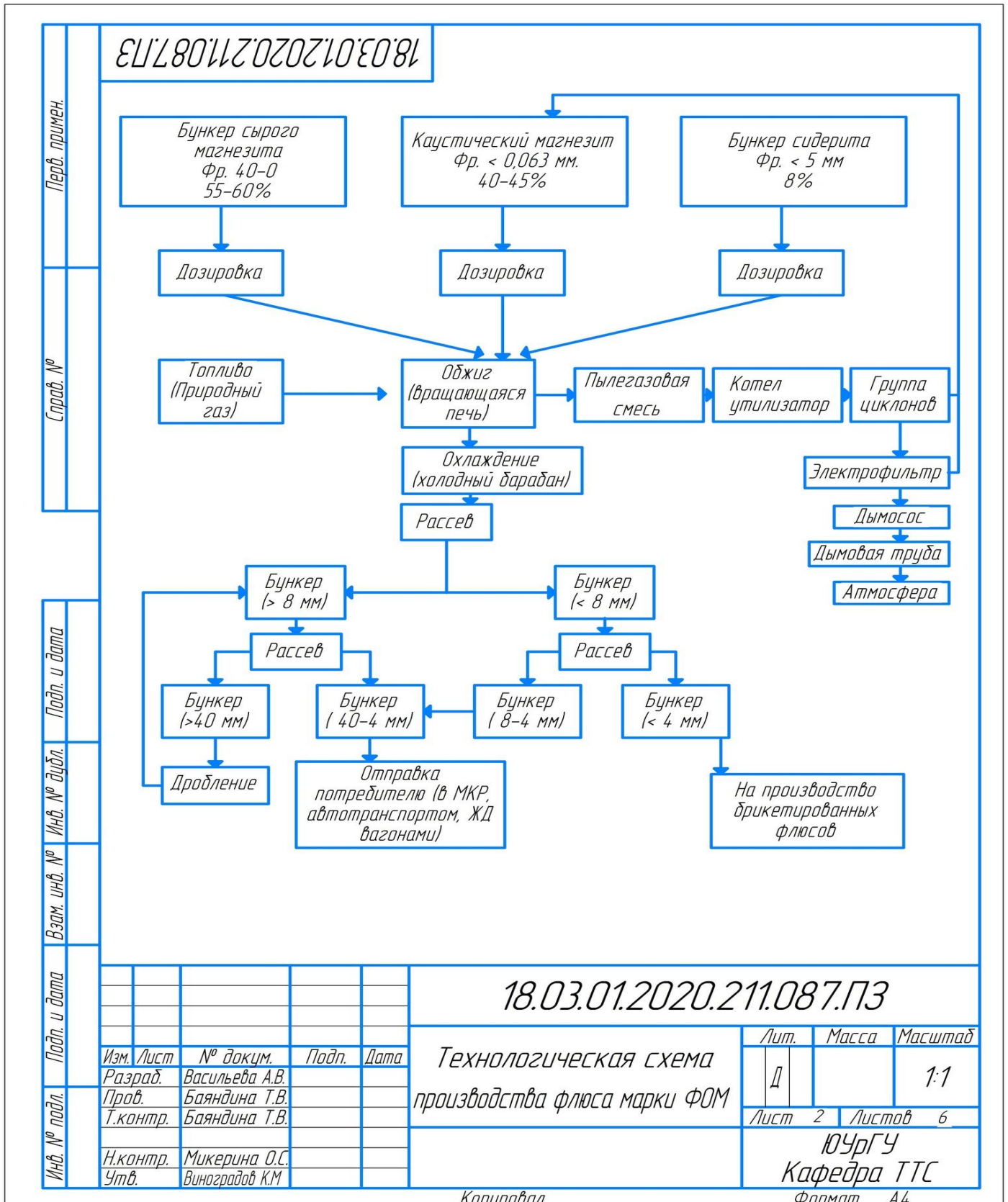
ЮУрГУ
Кафедра ТТС

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

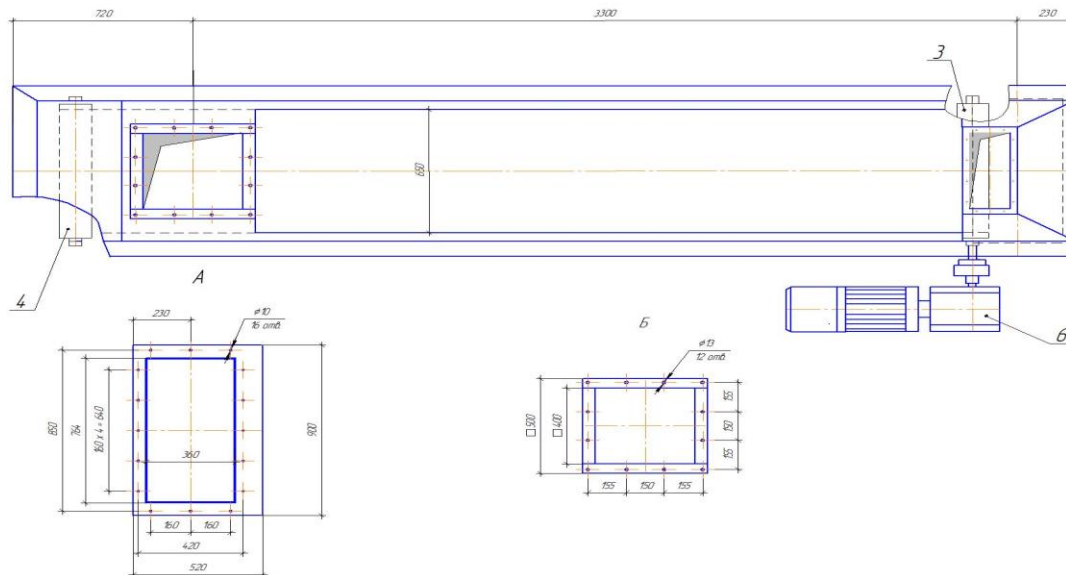
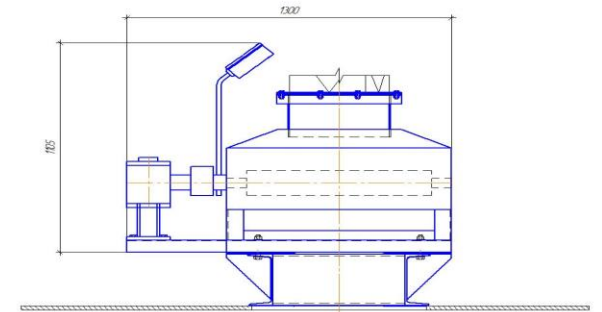
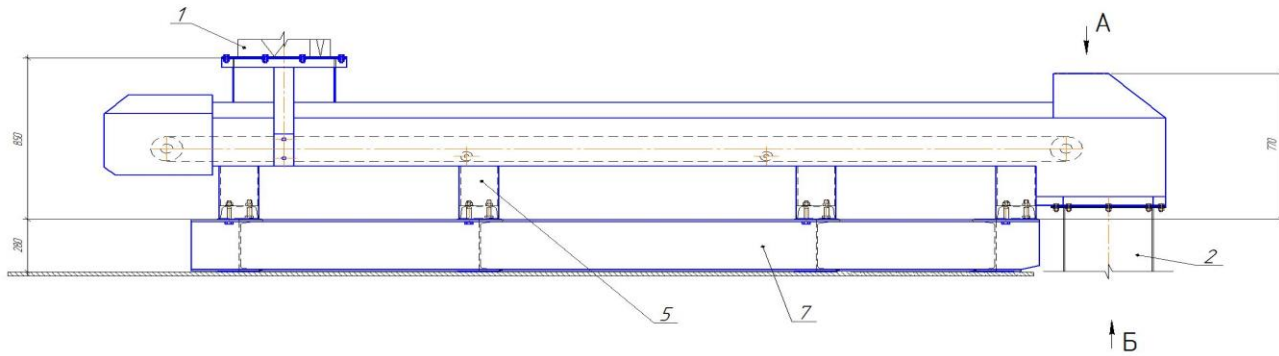
Технологическая схема производства флюса марки ФОМ



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Чертеж дозатора марки "4488 ДН-У Агроэсорт"

18.03.01.2020.211.087.П3



№	Наименование
1	Устройство загрузочное
2	Устройство разгрузочное
3	Прибойный барабан
4	Натяжной барабан
5	Опора
6	Привод
7	Рама дозатора

Техническая характеристика

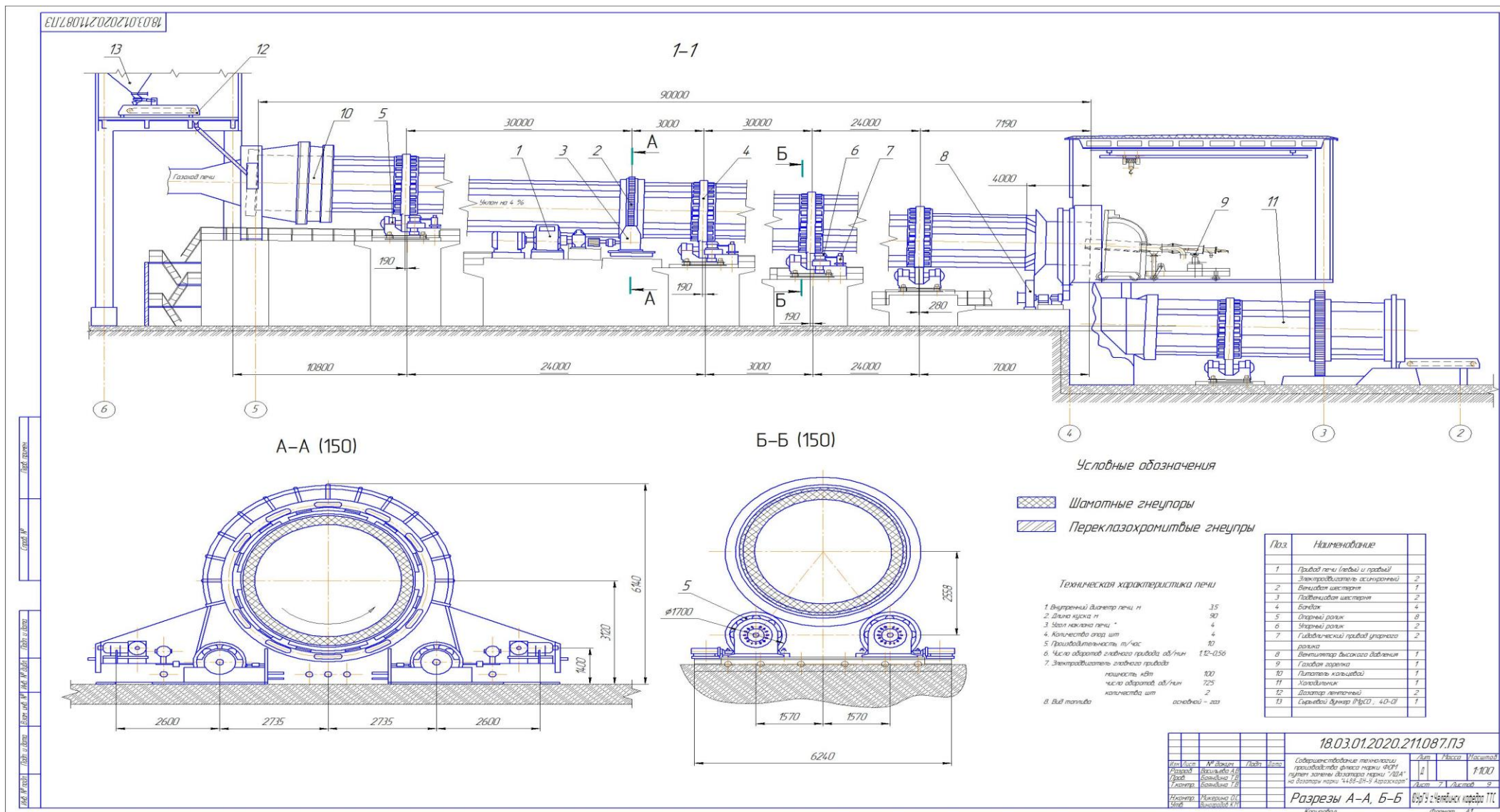
Ширина ленты, мм	650
Номинальная производительность/ч	63
Установленная мощность электродвигателя кВт	2,2
Габаритные размеры, не более, мм	длина 3300
	ширина 1300
	высота 1125
Масса не включая	8235

				18.03.01.2020.211.087.П3		
Изм.	Деталь	№ документа	Дата	Исполн.	Провер.	Масштаб
1	Чертеж	18.03.01.2020.211.087.П3	18.03.2020	И.И.И.	И.И.И.	1:1000
2	Изменения					
3	Изменения					
4	Изменения					
5	Изменения					
6	Изменения					
7	Изменения					
8	Изменения					
9	Изменения					
10	Изменения					
11	Изменения					
12	Изменения					
13	Изменения					
14	Изменения					
15	Изменения					
16	Изменения					
17	Изменения					
18	Изменения					
19	Изменения					
20	Изменения					
21	Изменения					
22	Изменения					
23	Изменения					
24	Изменения					
25	Изменения					
26	Изменения					
27	Изменения					
28	Изменения					
29	Изменения					
30	Изменения					
31	Изменения					
32	Изменения					
33	Изменения					
34	Изменения					
35	Изменения					
36	Изменения					
37	Изменения					
38	Изменения					
39	Изменения					
40	Изменения					
41	Изменения					
42	Изменения					
43	Изменения					
44	Изменения					
45	Изменения					
46	Изменения					
47	Изменения					
48	Изменения					
49	Изменения					
50	Изменения					
51	Изменения					
52	Изменения					
53	Изменения					
54	Изменения					
55	Изменения					
56	Изменения					
57	Изменения					
58	Изменения					
59	Изменения					
60	Изменения					
61	Изменения					
62	Изменения					
63	Изменения					
64	Изменения					
65	Изменения					
66	Изменения					
67	Изменения					
68	Изменения					
69	Изменения					
70	Изменения					
71	Изменения					
72	Изменения					
73	Изменения					
74	Изменения					
75	Изменения					
76	Изменения					
77	Изменения					
78	Изменения					
79	Изменения					
80	Изменения					
81	Изменения					
82	Изменения					
83	Изменения					
84	Изменения					
85	Изменения					
86	Изменения					
87	Изменения					
88	Изменения					
89	Изменения					
90	Изменения					
91	Изменения					
92	Изменения					
93	Изменения					
94	Изменения					
95	Изменения					
96	Изменения					
97	Изменения					
98	Изменения					
99	Изменения					
100	Изменения					

Лист 1 из 1
Лист 2 из 2
Лист 3 из 3
Лист 4 из 4
Лист 5 из 5
Лист 6 из 6
Лист 7 из 7
Лист 8 из 8
Лист 9 из 9
Лист 10 из 10
Лист 11 из 11
Лист 12 из 12
Лист 13 из 13
Лист 14 из 14
Лист 15 из 15
Лист 16 из 16
Лист 17 из 17
Лист 18 из 18
Лист 19 из 19
Лист 20 из 20
Лист 21 из 21
Лист 22 из 22
Лист 23 из 23
Лист 24 из 24
Лист 25 из 25
Лист 26 из 26
Лист 27 из 27
Лист 28 из 28
Лист 29 из 29
Лист 30 из 30
Лист 31 из 31
Лист 32 из 32
Лист 33 из 33
Лист 34 из 34
Лист 35 из 35
Лист 36 из 36
Лист 37 из 37
Лист 38 из 38
Лист 39 из 39
Лист 40 из 40
Лист 41 из 41
Лист 42 из 42
Лист 43 из 43
Лист 44 из 44
Лист 45 из 45
Лист 46 из 46
Лист 47 из 47
Лист 48 из 48
Лист 49 из 49
Лист 50 из 50
Лист 51 из 51
Лист 52 из 52
Лист 53 из 53
Лист 54 из 54
Лист 55 из 55
Лист 56 из 56
Лист 57 из 57
Лист 58 из 58
Лист 59 из 59
Лист 60 из 60
Лист 61 из 61
Лист 62 из 62
Лист 63 из 63
Лист 64 из 64
Лист 65 из 65
Лист 66 из 66
Лист 67 из 67
Лист 68 из 68
Лист 69 из 69
Лист 70 из 70
Лист 71 из 71
Лист 72 из 72
Лист 73 из 73
Лист 74 из 74
Лист 75 из 75
Лист 76 из 76
Лист 77 из 77
Лист 78 из 78
Лист 79 из 79
Лист 80 из 80
Лист 81 из 81
Лист 82 из 82
Лист 83 из 83
Лист 84 из 84
Лист 85 из 85
Лист 86 из 86
Лист 87 из 87
Лист 88 из 88
Лист 89 из 89
Лист 90 из 90
Лист 91 из 91
Лист 92 из 92
Лист 93 из 93
Лист 94 из 94
Лист 95 из 95
Лист 96 из 96
Лист 97 из 97
Лист 98 из 98
Лист 99 из 99
Лист 100 из 100

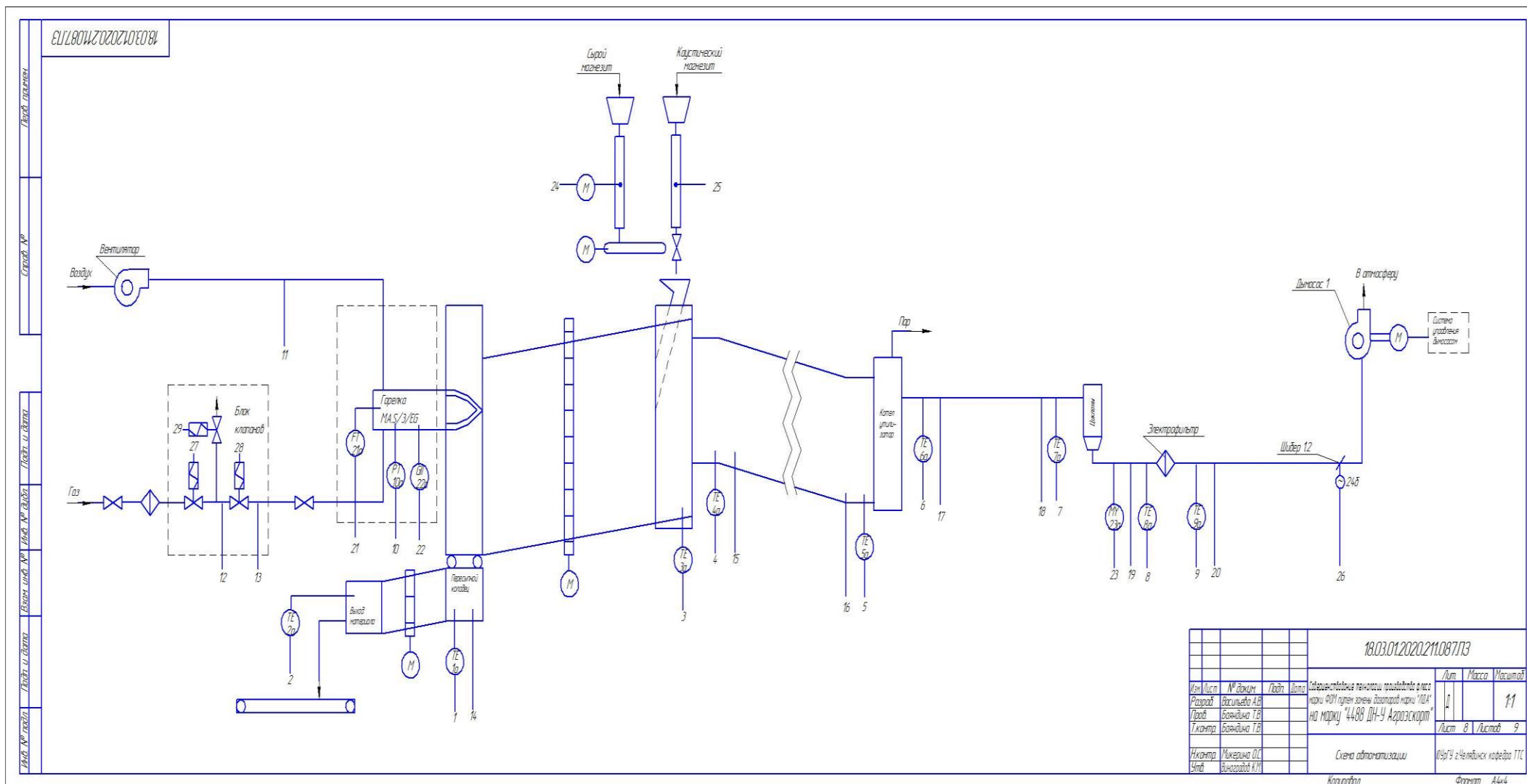
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Чертеж вращающейся печи



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Схема автоматизации вращающейся печи по производству флюса марки ФОМ



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Технико-экономические показатели производства флюса марки ФОМ

Перв. примен.	18.03.01.2020.211.087.ПЗ			
Справ. №	п/п	Показатели	Единица измерения	Величина показателя
	1	Годовой объем выпуска продукции	тонн	138 148,2
	2	Количество работающих всего, в том числе	человек	43
	2.1	производственных рабочих	человек	40
	2.2	руководители, специалисты	человек	3
	3	Балансовая стоимость оборудования	рублей	21830710
	4	Коэффициент загрузки оборудования		0,8
	5	Стоимость единицы продукции	рублей	2280
	6	Себестоимость единицы продукции	рублей	1968,3
	7	Рентабельность продукции	%	15,8
Подп. и дата	18.03.01.2020.211.087.ПЗ			
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп.	Дата	Изм.
Подп. и дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Васильева А.В.		
	Пров.	Баяндина Т.В.		
	Т.контр.	Баяндина Т.В.		
	Н.контр.	Микерина О.С.		
	Утв.	Виноградов К.М.		
		Экономические показатели производства флюса марки ФОМ		Лит. Д
				Масса
				Масштаб 1:1
				Лист 8 Листов 9
				ЮУрГУ Кафедра ТТС
				Формат А4

Копировал