

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 периклазошпинельных изделий  
марки ПШПЦ-81 путем замены ленточного конвейера на конвейер с  
погруженными скребками типа ТСЦ (П)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–18.03.01.2020.082.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
к.ф.-м.н., доцент  
\_\_\_\_\_ И.А. Бабина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Автор работы  
Студент группы ДО – 509  
\_\_\_\_\_ А.А. Иванова  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтроль,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ О.С. Микерина  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020 г

## АННОТАЦИЯ

Иванова А.А. Совершенствование технологии производства периклазошпинельных изделий марки ПШПЦ-81 путем замены ленточного конвейера на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П). – Челябинск: ЮУрГУ, ИОДО; 2020, 92 с., 17 ил., библиографический список - 17 наименования, 6 листов чертежей ф.А1.

В данной выпускной квалификационной работе усовершенствована технология производства периклазошпинельных изделий марки ПШПЦ-81.

После анализа существующего технологического процесса предложена замена ленточного конвейера на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П), с целью повышения экологической безопасности, улучшения условий труда, сокращения затрат на электроэнергию и материалы.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– дана характеристика исходного сырья, технологическая схема производства изделий и ее описание, также осуществлен выбор основного и вспомогательного оборудования.

– произведены расчеты материального баланса производства периклазошпинельных изделий, а также расчет количества необходимого оборудования.

– произведены расчеты горения топлива и теплового баланса туннельной печи.

– в разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены негативные факторы и меры защиты от их воздействия, меры по охране окружающей среды.

– в экономической части рассчитана ориентировочная себестоимость продукции.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Иванова А.А.			Совершенствование технологии производства периклазошпинельных изделий путем замены ленточного конвейера на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П)	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Бабина И.А.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.				ЮУрГУ		
<i>Утверд</i>		Виноградов К.М.				Кафедра «ТТС» гр.ДО-509		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРИКЛАЗОШПИНЕЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	8
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	16
2.1 Предложение по изменению в существующую технологию .....	16
2.2 Характеристика исходного сырья .....	16
2.3 Технология производства и ее описание .....	18
2.4 Расчет материального баланса.....	21
2.5 Контроль технологии производства.....	31
3 ПОДБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	37
3.1 Характеристика основного оборудования.....	37
3.2 Характеристика вспомогательного оборудования .....	38
3.3 Расчет необходимого количества оборудования .....	42
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	44
5.1 Расчет горения топлива .....	44
5.2 Тепловой баланс печи.....	48
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	68
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	73
7.1 Негативные факторы и меры защиты от их воздействия .....	73
7.2 Охрана окружающей среды .....	75
8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	77
8.1 Организация труда и заработной платы .....	77
8.2 Графики выходов рабочих .....	78
8.3 Расчет численности рабочих. Штатное расписание .....	79
8.4 Расчет фонда заработной платы и начислений на заработную плату .....	81
8.5 Расчет затрат на материалы .....	86
8.6 Расчет затрат на электроэнергию .....	86
8.7 Расчет затрат на амортизацию .....	87
8.8 Расчет прочих затрат .....	88
8.9 Расчет фонда заработной платы АУП.....	88
8.10 Составление сводной сметы затрат .....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	98

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в производстве огнеупорных изделий актуальным является реконструкция производства с целью повышения экологической безопасности, улучшения условий труда, сокращения затрат на электроэнергию и материалы. Можно повысить экологическую безопасность, улучшить условия труда и снизить затраты на электроэнергию и материалы при производстве изделий марки ПШПЦ, используя современный подъемно-транспортный механизм, такой как конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П).

Обеспечить бесперебойную подачу спеченного порошка при производстве изделий марки ПШПЦ на трубомельницу, уменьшить попадание мелких частиц в окружающую среду, для простаты и снижения затрат на техническое обслуживание оборудования (разрыв резиновой ленты, замена роликов и т.д.), а также для исключения просыпей, заменяем ленточный конвейер для подачи спеченного периклазового порошка фракции 0,5-0 мм на трубомельницу на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П) в термостойком исполнении.

Цель работы – совершенствование технологии производства периклазошпинельных изделий путем замены ленточного конвейера на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П).

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- провести сравнительный анализ технологии производства периклазошпинельных изделий марки ПШПЦ-81 в России и за рубежом;
- изучить характеристику исходного сырья, применяемого в производстве;
- описать технологию производства с учетом предложенного изменения в существующую технологию;
- сделать подбор и расчет основного и вспомогательного механического оборудования;
- изучить контроль производства;
- рассчитать материальный баланс производства;
- рассчитать горение топлива и тепловой баланс печи;
- изучить автоматизацию производства;
- рассчитать себестоимость продукции.

Объект работы – этапы создания выпускной квалификационной работы.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРИКЛАЗОШПИНЕЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Для производства периклазошпинельных огнеупоров используют спеченный периклазовый порошок.

Спеченный периклазовый порошок получают путем обжига сырого магнезита при температуре 1500-2000°C.

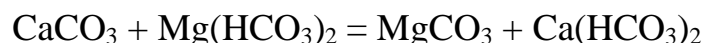
Магнезит ( $MgCO_3$ ) – это горная порода, которая состоит из кристаллического минерала, содержащий 47,6%  $MgO$  и 52,4  $CO_2$ . Магнезит в основном белого иногда встречается снежно-белый цвета с оттенками серого или желтого. Твердость по шкале Мооса 4,5-5,0, блеск стеклянный, плотность 2,9-3,1 г/см<sup>3</sup>.

Запасы сырого магнезита в России исчисляются более 3 млрд. т, промышленная добыча организована только на ООО «Группа «Магнезит» и только 20% периклазового порошка закупается за рубежом (Китай, Турция, КНДР, Австрия и др.).

Природные магнезиты существуют в двух физических формах: кристаллический (зернистый) и крупнокристаллический (аморфный) магнезит. Кристаллический магнезит залегает не только в России и в Австралии, Словакии, Испании, Китае, Канаде, Бразилии, Северной Корее и США.

Месторождения аморфного магнезита встречаются в Греции, Турции, Югославии, Индии и обнаруженные недавно месторождения в Саудовской Аравии и Гватемале [1].

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



Основным предприятием по добыче и переработке кристаллических магнезитов является комбинат «Магнезит», разрабатывающий Саткинское месторождение. Главные примеси в кристаллическом магнезите – доломит, кальцит, диабаз и кварц. Особенно вредны примеси минералов, содержащие оксиды кальция и кремния. Примеси железа также вредны, так как образуют сравнительно легкоплавкий магнезитоферрит, который в небольших количествах улучшает спекание материала. Основные месторождения магнезита в России представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные месторождения магнезита в России

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

Основные зарубежные месторождения природного магнезита представлены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Основные зарубежные месторождения природного магнезита

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

Сравнительные характеристики периклазовых порошков различных стран приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сравнительные характеристики периклазовых порошков различных месторождений и фирм-производителей

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

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

Производство периклазошпинельных огнеупоров впервые в промышленном масштабе было налажено в середине 70-х годов в Японии, затем они стали производиться в Австрии (фирма «Файч-Радекс»), в Германии (фирма «Рефратехник») и в ряде других стран. Фирма «Файч-Радекс» производит в частности марок Анкраль-R16, Анкраль-R17, Анкраль-R19, Анкраль-R29, Радекс-АС90-С.

Наиболее эффективно применение периклазошпинельных огнеупоров второго поколения марки Анкраль-R17, отличается высокой чистотой исходных компонентов шихты – шпинели и периклаза (содержание примесей не более 2%). Эти огнеупоры обладают повышенной химической стойкостью к воздействию клинкера, газовой среды и щелочей. В России данные изделия изготавливаются на ОАО «Комбинат «Магнезит» в ЦМИ-2.

Сравнительные физико-химические характеристики ПШПЦ изделий приведены в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Сравнительные физико-химические характеристики ПШПЦ изделий

Показатели	ОАО «Комбинат «Магнезит»	Фирма «Файч-Радекс»
	ПШПЦ-81	Анкраль-R17
Массовая доля, %		
MgO	81	87
CaO	2,5	1,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7-14	5
Открытая пористость, %	22	15-17
Предел прочности при сжатии, Мпа	35	40
Температура начала деформации под нагрузкой, °С	1530	1700
Термостойкость (1300°С), теплосмен	8	100

#### Обогащение, производство магнезитов и их свойства

Присутствие в магнезитах доломита вызывает необходимость обогащения. Существуют несколько способов обогащения магнезитов: в тяжелых суспензиях, флотацией, химическим способом, бикарбонатным методом, аммонийным и термическим способами.

На комбинате «Магнезит» основным способом обогащения является обогащение в тяжелых суспензиях.

За рубежом обогащение природного магнезита производится также, как и в России в тяжелых суспензиях, чаще всего флотационным методом.

В промышленных условиях удаление кусков доломита из горной массы, содержащей смесь магнезита с доломитом, производят обогащением в тяжелой водной суспензии ферросилиция плотностью 2,87-3,0 г/см<sup>3</sup>, содержащей 14,5-15,5% ферросилиция с размером частиц менее 0,063мм (75-80%) и магнетита. Сущность этого способа заключается в том, что плотность доломита ниже, чем у магнезита, и в процессе обогащения доломит всплывает, а магнезит тонет.

Перед обогащением природный магнезит измельчают до фракции мельче 120 мм, из которой отсевом удаляют фракцию мельче 8 мм, а затем разделяют на фракции 120-60 мм и 60-8мм.

Обогащение в тяжелых суспензиях позволяет из сырья, содержащего до 15% примесей пустой породы, получить концентрат, содержащий 45-46% MgO, 0,5-0,8% SiO<sub>2</sub>, 0,8-1,2% CaO, при степени извлечения магнезита 85-95%. Полученный концентрат обжигают. Примеси SiO<sub>2</sub> и FeO при обогащении в тяжелых суспензиях не отделяются.

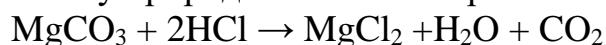
Для более полного обогащения применяют флотацию. Сущность этого способа заключается в различных смачиваемости и прилипаемости собственно магнезита и его примесей к флотационным реагентам (смесь технических жирных кислот). Для проведения флотации магнезит измельчают до получения фракции 0,1-0,2 мм в количестве 70-85%. Флотацией из исходного магнезита с содержанием 37-41% MgCO<sub>3</sub> удается получить концентрат с 45,5-46,5% MgCO<sub>3</sub>. При флотации снижается содержание CaO в 3-6 раз, а SiO<sub>2</sub> до 0,1-0,3%. Выход концентрата (степень извлечения) составляет 75-80%. Основная часть жидкости (до 75%) удаляется при сгущении, а остальная – при сушке концентрата. В пересчете на прокаленное вещество полученный методом флотации концентрат содержит до 96,5% MgO. Это в ряде случаев ниже требований к чистоте исходного материала, поэтому встает вопрос о химических методах обогащения огнеупорных изделий.

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 происходит 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%.

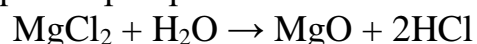
Фирма «Liaoning Refractories Factory» (Китай) применяют метод противоточной флотации для удаления примеси талька из сырья и прямой флотации для обогащения концентрата магнезита, где MgO составляет 98%. Используют для производства, качественного спеченного периклаза.

Известно несколько методов химического обогащения. Наиболее перспективны из них: солянокислый с гидролизом хлористого магния, бикарбонатный, аммонийный [2].

По гидролизному способу природный магнезит разлагают соляной кислотой:



В осадке остаются силикаты и сульфидное железо. Раствор хлористого магния подвергается гидролизу в реакторе при 900-1000°C:

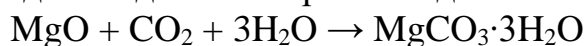


Образующийся газообразный хлористый водород адсорбируется водой и регенерируется до соляной кислоты, которая возвращается в начало процесса. Оксид магния осаждают в отстойниках и получают пасту. Таким путем удается получить продукт с содержанием MgO 98,4%; CaO 0,7%. Одной из трудностей в эксплуатации оборудования является необходимость тщательной защиты (применение коррозионностойкой стали) металлических частей от коррозии раствором соляной кислоты. Разработана аналогичная схема с применением азотной кислоты, менее агрессивной по отношению к металлу.

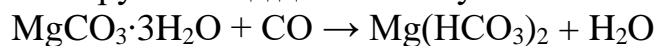
										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							11



По бикарбонатному методу природный магнезит обжигают при 700-800°C, а затем измельчают до размера частиц 0,25 мм. Карбонизацию полученного оксида магния осуществляют в две стадии. На первой стадии:



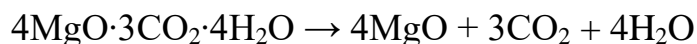
Гидрокарбонат получается в трудноосаждаемом состоянии и отделяется от неразложившихся примесей в гидроциклоне. На второй стадии суспензия гидрокарбоната карбонизируется под давлением углекислого газа 686-784 кПа:



Раствор бикарбоната магния после отделения от оставшихся нерастворимых примесей разлагается при нагревании с образованием нерастворимого основного карбоната:

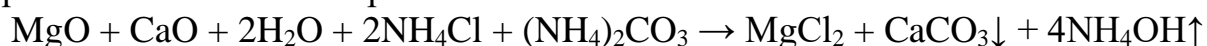


Выделяющийся при этом углекислый газ после сжатия возвращается в процесс. Выделенная из раствора паста основного карбоната магния прокаливается до оксида магния:



Получают легкие формы оксида магния – магнезию Альба (недоразложившийся основной карбонат) или магнезию Уста. Содержание MgO в них на прокаленное вещество 98-99%. При высокотемпературном прокаливании основного карбоната магния получают плотные формы периклаза [2].

В аммонийном способе используется способность оксида магния растворяться в растворах аммонийных солей. Для этого исходную породу предварительно прокаливают при 600-800°C, измельчают до размера частиц 0,1 мм и обрабатывают хлористым аммонием и карбонатом аммония:



Для смещения равновесия вправо реакцию проводят при нагревании до 70-80°C и под вакуумом; аммиак при этом удаляется в газообразном состоянии. Хлористый магний подвергается гидролизу, как и в солянокислом способе.

Химические способы обогащения позволяют получить не только чистый оксид магния, но и разнообразные композиционные материалы путем соосаждения с регулируемым соотношением компонентов, в том числе материалы на основе системы MgO·CaO. При химическом обогащении существует возможность регулировать способность оксида магния к спеканию. В экономическом отношении химические способы обогащения вполне эффективны.

#### Получение спеченных периклазовых порошков

Спеченный периклазовый порошок получают путем обжига сырого магнезита при температуре 1500-2000°C.

Обжиг магнезита производится во вращающихся или шахтных печах. В России чаще всего используют вращающиеся печи, но в последнее время для получения качественных порошков(клинкер) используют шахтные печи.

За рубежом обжиг магнезит производят как во вращающихся, так и в шахтных печах.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

В зависимости от теплового агрегата получаемые порошки обладают разными свойствами. Показатели представлены в таблице 1.5

Таблица 1.5 – свойства периклазовых порошков в зависимости от обжига

Страна	Химический состав, мас.%					Плотность, г/см <sup>3</sup>	Обжиг в печи
	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Австрия	91,0	2,40	0,50	5,70	0,20	3,30	В
Китай	98,0	0,80	0,60	0,40	0,20	3,40	Ш
Словакия	88,0	2,70	0,90	7,50	0,50	3,25	В
Бразилия	94,5	0,80	1,30	2,70	0,80	3,35	Ш
КНДР	95,1	1,60	1,20	1,30	0,60	3,25	В
Испания	92,9	2,98	0,80	3,20	0,20	3,25	В

При обжиге магнезита в шахтной печи получают кристаллы периклаза размером до 175-250 мкм.

Китай является одним из крупнейших поставщиков периклазового порошка на российский рынок. Основные запасы сырья магнезита (80%) сосредоточены в провинции Ляонин. Для получения качественного периклазового порошка фирма «Liaoning Magnesite Corp» методом флотации получает магнезит, который после двукратного обжига содержит до 98% MgO и менее 1,5 % SiO<sub>2</sub>. Готовый клинкер имеет следующий химический состав, %: MgO – 98,08; CaO – 0,75-0,77; SiO<sub>2</sub> – 0,32-0,33; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,50.

В фирме «ЛИРР» после обжига пасты Mg(OH)<sub>2</sub> при температуре 900°С, брикетирования под давлением 150 Мпа и высокотемпературного обжига при 1800°С получают клинкер со следующими свойствами: кажущаяся плотность более 3,48 г/см<sup>3</sup>; открытая пористость <1,8%; содержание оксидов, %: MgO – 98,97; CaO – 0,81; SiO<sub>2</sub> – 0,24; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,11; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,05; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,0017; соотношение CaO/SiO<sub>2</sub>=3,62.

Свойства периклазовых порошков, применяемых для изготовления конвертерных огнеупоров в других странах, приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Некоторые свойства периклазовых порошков зарубежных стран

Страна	Содержание, %						Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO		
Греция	1,5	0,1	0,5	2,9	0,01	95,0	3,35–3,45	
Австрия	0,5	0,2	5,1	2,5	0,05	91,7	3,30–3,90	
Турция	0,9	0,07	0,3	2,0	0,02	96,6	3,30–3,40	
Япония	0,34	0,11	0,08	0,89	–	98,2	3,33	1,11
	2,19	0,07	0,08	1,29	–	96,3	3,32	1,75
	0,11	0,06	0,24	0,49	–	99,0	3,49	1,76

Периклазовые порошки фирмы «Татехо» отличаются повышенным содержанием MgO. Для производства огнеупоров выпускается шесть марок периклаза, показанных в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Свойства периклаза фирмы «Татехо» для производства огнеупоров

Показатель	Марка					
	КМА Н	КМА	КМВ	КМА	КМА	КМВ-ТЕ
Химический состав оксидов, %:						
MgO	99,1	98,5	98,2	98,5	98,0	97,3
CaO	0,5	0,9	1,0	1,0	1,0	1,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,20	0,25	0,15	0,2	0,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30
SiO <sub>2</sub>	0,20	0,40	0,60	0,40	0,50	0,70
Пористость, %	3,00	3,40	3,35	3,20	3,20	3,20
Плотность, %	3,43	3,40	3,35	3,20	3,20	3,20

Химический состав зарубежного периклаза также пестр и нестабилен. Так, «Динамит Нобель», кроме содержания оксида магния (96-98%), диоксида кремния (1,5-2,5%), оксида кальция (0,7-1%) и оксида железа (менее 0,1%), указывает содержание оксидов бора (менее 0,005%). Оксид алюминия не регламентируется. «Дженерал Электрик» для «высокочистого сорта» периклаза марки 12717 и «среднечистого сорта» марки 12716 указывает типичный химический состав, приведенный в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Химический состав периклаза компании «Дженерал Электрик»

Наименование компонентов	Содержание компонентов, %	
	Марка 12717	Марка 12716
MgO	97,3	95,5
SiO <sub>2</sub>	1,6	3,0
CaO	0,7	1,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	0,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1	0,08

Соотношение оксидов кремния и кальция, равное примерно 2,3, характерно не только для марки 12717. Очевидно, «Дженерал Электрик» и некоторые другие фирмы корректируют это соотношение в процессе производства периклаза.

Вместе с тем периклаз марки «Магнарайт-Л» компании «Нортон» имеет особый химический состав: кремния меньше, чем кальция, но при этом значительное содержание оксидов трехвалентных элементов R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, приведенных в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Химический состав периклаза фирмы «Нортон» США

Наименование оксидов	Содержание оксидов, %	
	Магнарайт-Л	Магнарайт-70
MgO	95,92	93,06
SiO <sub>2</sub>	0,9	3,9
CaO	1,18	1,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,14
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,83	1,7

Японская фирма «Татехо» производит из океанической воды 7 марок электротехнического периклаза, наиболее качественная марка КМАО-Н. По результатам фактического анализа периклаз этой марки содержит до 99,64% оксида магния; 0,11% диоксида кремния; 0,13% оксида кальция.

Периклаз английской фирмы ТСЛ контролируется по четырем примесным оксидам, для которых в зависимости от марки установлены предельные концентрации в следующих диапазонах:  $\text{SiO}_2$  – 2,75-4,5%;  $\text{CaO}$  – 1,6%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,15-0,16%;  $\text{SO}_3$  – 0,015%.

При замене сырья ТСЛ проверяет наличие в готовом продукте бора, щелочных металлов, железа, хрома, серы, цинка, меди, кобальта, никеля. По мнению фирмы, бор влияет только на спекаемость периклаза, а сера – на хромоникелевые сплавы, из которых изготавливаются спирали нагревательных элементов. Вне связи с официальными нормативами контроля качества ТСЛ с помощью самодельного устройства проверяет периодически выпускаемый электротехнический периклаз на спекаемость[1].

#### Получение плавленной АМШ

В состав огнеупоров марки ПШПЦ входит плавленая алюмомагниева шпинель. Имеет кубическую решетку с плотной гранцентрированной упаковкой атомов кислорода. В химическом отношении шпинель устойчива по отношению к минеральным кислотам, щелочам, расплавам щелочей, углероду, ко многим металлам и ряду оксидов. По отношению к металлургическим шлакам шпинель наиболее устойчива, чем корунд.

Шпинель в России получают синтезом корунда (или технического глинозема) и спеченного периклаза, поскольку природного шпинельсодержащего сырья нет. Синтез осуществляется твердофазовым спеканием или плавлением в электродуговых печах [4].

Корунд – минерал, кристаллический  $\alpha$ -оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) тригональной сингонии, дитригонально-скеленоэдрический. Встречается в виде отдельных или сросшихся в группы бочонкообразных дипирамидальных и таблитчатых кристаллов псевдогексагонального облика, обособленных вкраплений и зерен, плотных зернистых агрегатов.

Технический глинозем в мире производится из бокситов различных месторождений и разнообразного минералогического состава. Основными глиноземсодержащими минералами бокситов являются гиббсит, бемит и диаспор [5]. Технология получения глинозема из бокситов осуществляется щелочным (гидрохимическим) методом и пирохимическим спеканием. Наиболее распространенной технологией производства глинозема является щелочной метод Байера, при котором глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$  извлекается из бокситов.

Глинозем для приготовления алюминосодержащих оксидов за рубежом обжигают на многих заводах в шахтных печах с газовым отоплением. Наиболее эффективным агрегатом для обжига глинозема является вращающаяся печь.

Выводы: анализ технологий производств изделий марки ПШПЦ показал, что как в России, так и за рубежом технологии практически одинаковые, но отличаются аппаратурным оформлением.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Предложение по изменению в существующую технологию

Для обеспечения бесперебойности подачи спеченного периклазового порошка на трубомельницу, уменьшения попадания мелкодисперсных частиц в окружающую среду, для простаты и уменьшения затрат на обслуживание оборудования (разрыв резиноканевой ленты, замена роликов и т.д.), а также исключение просыпей, производим замену ленточного конвейера подачи спеченного периклазового порошка фракции 0,5-0 мм на трубомельницу на конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П) в термостойком исполнении. Завод изготовитель Курганский машиностроительный завод.

### 2.2 Характеристика исходного сырья

Сырьем для периклазошпинельных огнеупорных изделий марки ПШПЦ-81 служат: спеченный периклазовый порошок фракций 1-0 и 0,063 мм; плавленая алюмомагниева шпинель фракции 3-0 мм; плотноспеченный периклазовый клинкер фракции 3-1 мм; лигносульфанаты технические; этиленгликоль [3].

Порошок периклазовый спеченный фр. 1-0 мм по ГОСТ 10360-85 должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.1.

Таблиц 2.1 – Требования, предъявляемые к спеченному периклазовому порошку фр. 1-0 мм

Наименования показателя	Значения
1	2
Массовая доля, %	
MgO, не менее	93,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	2,5
SiO <sub>2</sub> , не более	2,2
CaO, не более	2,5
CaO/SiO <sub>2</sub>	Факультативно
Массовая доля зерен, %:	
Остаток на сетке №1, не более	15
Проход через сетку №0,5, в пределах	40-60
Изменение массы при прокаливании, %, не более	0,5

Периклазовый спеченный порошок фр. 0,063-0 мм по технологическим условиям ТУ 1524-034-72664728-2008 удовлетворять следующим требованиям, представленных в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Требования, предъявляемые к спеченному порошку фр. 0,063-0 мм

Наименование показателя	Значение
1	2
Массовая доля, %:	
MgO, не менее	93,0
CaO, не более	2,5
SiO <sub>2</sub> , не более	2,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	2,5
CaO/SiO <sub>2</sub>	Факультативно

Окончание таблицы 2.1

Массовая доля зерен, %	
Проход через сетку №0,063, не менее	95
Изменение массы при прокаливании, %, не более	0,5
Температура, °С, не более	40

Плавленая алюмомагниева шпинель по техническим условиям ТУ 1527-031-00187085-2004 фр. 3-0 мм должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Требования, предъявляемые к плавленной АМШ

Наименование показателя	Значение
1	2
Массовая доля, %	
MgO, в пределах	34,0-38,0
SiO <sub>2</sub> , не более	0,6
CaO, не более	1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	1,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , в пределах	60,0-64,0
Массовая доля влаги, не более	0,5
Массовая доля зерна, %:	
Остаток на сетке №3, не более	10
Фр. 3-1 мм, не менее	50
Проход через сетку №0,5, не более	–
Проход через сетку №0,1, не более	5

Плотнospеченный периклазовый клинкер фракции 3-1 мм по химическому и зерновому составам должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Требования, предъявляемые к спеченному периклазовому клинкеру

Наименование показателя	Значение
1	2
Массовая доля, %	
MgO, не менее	94,0
SiO <sub>2</sub> , не более	2,2
CaO, не более	2,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	2,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	0,8
Массовая доля зерен, %:	
Остаток на сетке №4, не более	Не доп.
Остаток на сетке №3, не более	10
Остаток на сетке №1, не более	–
Проход через сетку №1, не более	10
Остаток на сетке №0,5, не более	–
Проход через сетку №0,5, не более	–
Проход через сетку №0,063, не более	–
Пористость открытая, %	факультативно

Лигносульфанат технический должен соответствовать требованиям ТУ 2455-028-00279580-2004, указанным в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Требования к лигносульфонатам техническим

Наименование показателя	Значение
1	2
Плотность при температуре 40-55°C, кг/см <sup>3</sup> , не менее	1210
Температура, °С, в пределах	40-55
Условная вязкость, с, не менее	50
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	47

Этиленгликоль должен соответствовать ГОСТ 19710-83, представленному в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Требования к этиленгликолю

Наименование показателя	Значение
1	2
Динамическая вязкость при температуре (20±0,5) °С, мПа*с, не менее	18
Плотность при температуре (20±0,5) °С, г/см <sup>3</sup> , не менее	1,11
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость

### 2.3 Технология производства и ее описание

Технология производства периклазошпинельных огнеупоров, как в России, так и за рубежом состоит из одинаковых стадий производства.

Технологическая схема производства периклазошпинельных огнеупорных изделий марки ПШПЦ-81 представлена на рисунке 2.1.

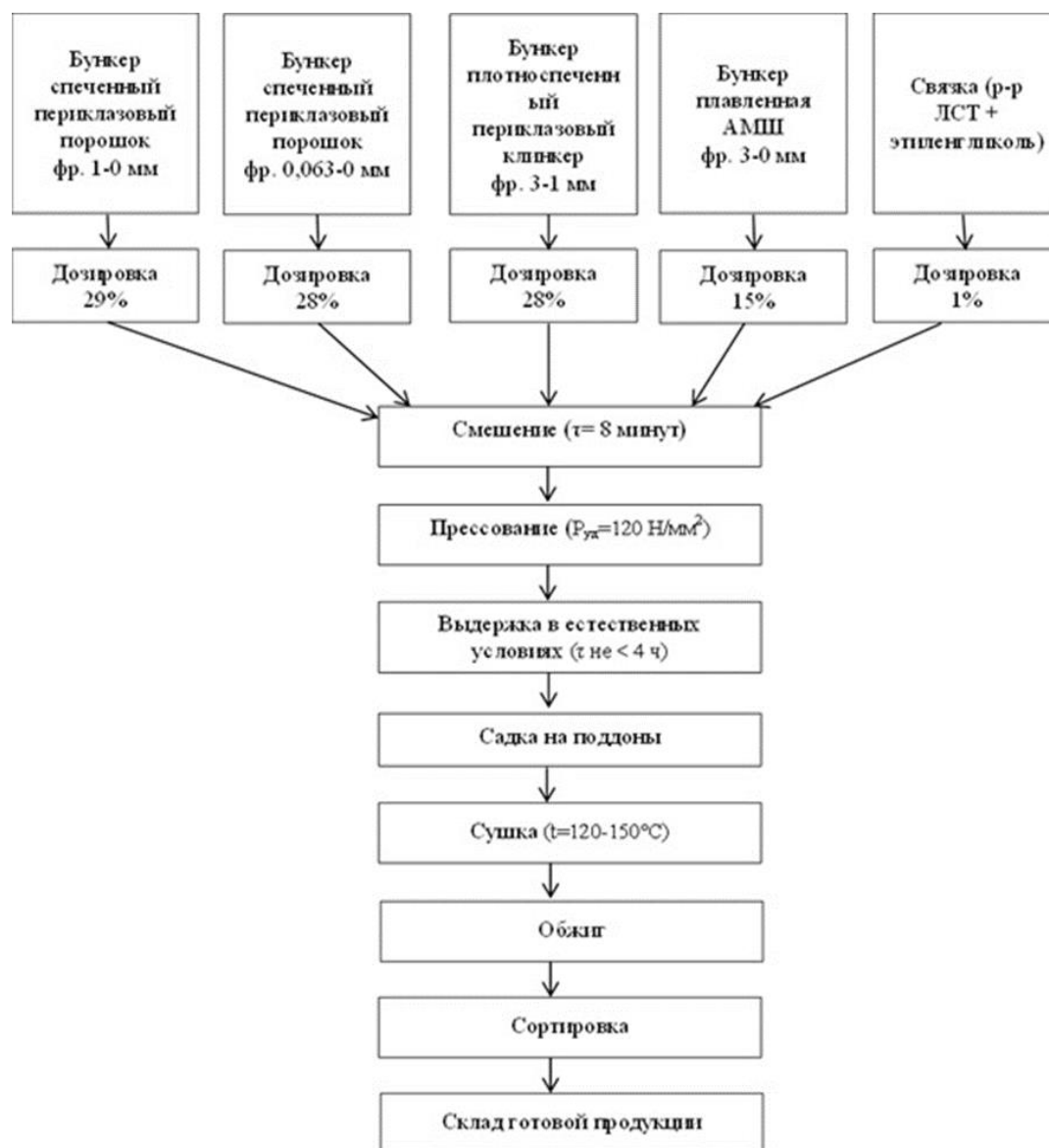


Рисунок 2.1 – Технологическая схема производства периклазошпинельных огнеупорных изделий марки ПШПЦ-81

#### Описание технологической схемы

Периклазовый спеченный порошок фр.1-0 мм от вращающихся печей ленточным конвейером подается из бункера в сушильный барабан цеха помола для подогрева. Увлажнение порошка производится в смесителях водой до массовой доли влаги не более 0,6%. После увлажнения порошок подается в бункера цеха помола на вылеживание – не менее 20ч, затем ленточным конвейером подается в промежуточные бункера [6].

Периклазовый спеченный порошок фр.0,5-0 мм, минуя увлажнение и вылеживания, подается в трубомельницы для приготовления спеченного периклазового порошка фр.0,063-0 мм.

Компоненты, необходимые для приготовления массы для прессования изделий марок ПШПЦ-81 по транспортерным лентам из отделения помола поступает в бункера. Ниже находятся автоматические весовые дозаторы марки БДК-350 для



сыпучих компонентов, в которые поступает материал через винтовой (шнековый) питатель ПВ-780 и ДЖУ-40В для жидкостей.

Дозировка компонентов осуществляется в процентных соотношениях, указанных в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – массовые доли компонентов шихты для производства периклазошпинельных изделий марок ПШПЦ-81

Компоненты шихты	Массовая доля, %
1	2
Спеченный периклазовый порошок фр.1-0 мм	29
Спеченный периклазовый порошок фр.0,063-0 мм	28
Плавленая АМШ фр.3-0 мм	15
Периклазовый клинкер фр.3-1 мм	2

Затем приготовление массы производится в смесительных бегунах СМ15104М. Шихта, находясь в смесителе, начинает интенсивно перемешиваться, увлажняться и немного уплотняется при помощи катков. Цикл перемешивания составляет 4,5-8 минут. Режим смешения массы указан в таблице 2.8. Готовая масса должна соответствовать установленным требованиям, указанным в таблице 2.9. Из смесителя готовая масса ссыпается и по транспортерной ленте поступает в кубель, при помощи которого она транспортируется до бункера прессы.

Таблица 2.8 – Режим смешения массы

Этапы перемешивания	Продолжительность, мин
1	2
Подача в смеситель зернистых компонентов, растворы ЛСТ и этиленгликоля и перемешивание	2,5-4
Подача в смеситель тонкомолотой составляющей и перемешивание	2-4
Общее время перемешивание	4,5-8
Масса замеса в кг, в пределах	1000
Примечание – этиленгликоль добавляют автоматически или вручную в момент слива раствора ЛСТ	

Таблица 2.9 – Требования к готовой массе

Массовая доля, %	ПШПЦ-81
1	2
MgO, не менее	81,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , в пределах	7,0-12,0

Прессование изделий марки ПШПЦ-81 производится на Новосибирском гидравлическом прессе ДО-542Н. Режим прессования одноступенчатый с максимальным удельным давлением 120 Н/мм<sup>2</sup>. Общее время прессования 6с.

При прессовании в двух или более местных коробках разница между кажущейся плотностью одновременно прессуемых изделий должна быть не более 0,03 г/см<sup>3</sup> при соответствии размеров изделий требованиям нормативной документации на сырец.

После прессования кажущаяся плотность должна быть от 2,90 до 3,05 г/см<sup>3</sup>.

Спрессованные изделия механизировано укладываются на поддоны, которые

									18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						20

при помощи мостового крана подаются на садочные места, и выдерживаются в естественных условиях не менее 4 часов.

Сушка ведется в туннельном сушиле, горячим воздухом, отбираемым из зон охлаждения туннельной печи с температурой 120-150 °С.

Обжиг изделий проводится в туннельной печи в соответствии с инструкцией по эксплуатации туннельной печи [7].

## 2.4 Расчет материального баланса

$Q_{\text{год}} = 70\,000$  т/год

Состав шихты:

спеченный периклазовый порошок фракции 1-0 мм = 29%

спеченный периклазовый порошок фракции 0,063-0 мм = 28%

плавленная АМШ фракции 3-0 мм = 15%

периклазовый клинер фракции 3-1 мм = 28%

раствор ЛСТ (сверх 100%) = 0,9%

этиленгликоль (сверх 100%) = 0,1%

Пересчет на 100%: Пересчет ведется по формулам

Спеченный перилазовый порошок фракции 1-0 мм:

$$a_1 = \frac{29 \cdot 100}{101} = 28,71 \% \quad (1)$$

Спеченный периклазовый порошок фракции 0,063-0 мм:

$$a_2 = \frac{28 \cdot 100}{101} = 27,72 \% \quad (2)$$

Плавленная алюмомагниева шпинель фракции 3-0 мм:

$$a_3 = \frac{15 \cdot 100}{101} = 14,85 \% \quad (3)$$

Периклазовый клинкер фракции 3-1 мм:

$$a_4 = \frac{28 \cdot 100}{101} = 27,72 \% \quad (4)$$

Раствор ЛСТ:

$$a_5 = \frac{0,9 \cdot 100}{101} = 0,89 \% \quad (5)$$

Этиленгликоль:

$$a_6 = \frac{0,1 \cdot 100}{103} = 0,09 \% \quad (6)$$

1. Потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ-81 при хранении, транспортировке и сортировке определяется по формуле (7),  $Q_1$ , т/год.

$$Q_1 = Q_{\text{год}} \frac{100}{100 - q_1}, \quad (7)$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

где  $q_1$  – потери при хранении, транспортировке и сортировке; 0,5%.

$$Q_1 = 70\,000 \frac{100}{100 - 0,5} = 70\,351,75 \text{ т/год}$$

Количество потерь периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ-81 при хранении, транспортировке и сортировке определяется по формуле (8),  $q_1^I$ , т/год.

$$q_1^I = Q_1 - q_{\text{год}} \quad (8)$$

$$q_1^I = 70\,351,75 - 70\,000 = 351,75 \text{ т/год}$$

2. Потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ – 81 с учетом брака сушки и обжига определяется по формуле (9),  $Q_2$ , т/год.

$$Q_2 = Q_1 \frac{100}{100 - q_2}, \quad (9)$$

где  $q_2$  – брак сушки и обжига, 2%;

$$Q_2 = 70\,351,75 \frac{100}{100 - 2} = 71\,787,50 \text{ т/год}$$

Количество брака сушки и обжига определяется по формуле (10),  $q_2^I$ , т/год:

$$q_2^I = Q_2 - Q_1 \quad (10)$$

$$q_2^I = 71\,787,50 - 70\,351,75 = 1\,435,75 \text{ т/год}$$

3. Потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ-81 с учетом п.п.п. определяется по формуле (11),  $Q_3$ , т/год:

$$Q_3 = Q_2 \frac{100}{100 - q_3} \quad (11)$$

Процент потерь при прокаливании определяется по формуле (12),  $q_3$ , т/год.

$$q_3 = \frac{a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_6 \cdot x_6}{100}, \quad (12)$$

где  $a_1$  – содержание спеченного периклазового порошка фр. 1-0, %;  
 $a_2$  – содержание спеченного периклазового порошка фр. 0,063-0, %;  
 $a_3$  – содержание плавленной алюмомагниево-шпинели фр. 3-0, %;  
 $a_4$  – содержание периклазового клинкера фр. 3-1, %;  
 $a_5$  – содержание раствора ЛСТ, %;  
 $a_6$  – содержание этиленгликоля, %;  
 $x_1$  – п.п.п. спеченного периклазового порошка фр. 1-0; 0,5%;  
 $x_2$  – п.п.п. спеченного периклазового порошка фр. 0,063-0; 0,5 %;  
 $x_3$  – п.п.п. плавленной алюмомагниево-шпинели фр. 3-0; 0%;  
 $x_4$  – п.п.п. периклазового клинкера фр. 3-1, 0,5%;  
 $x_5$  – п.п.п. раствора ЛСТ; 99 %;  
 $x_6$  – п.п.п. этиленгликоля; 99%;

						18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

$$q_3 = \frac{28,71 \cdot 0,5 + 27,72 \cdot 0,5 + 14,85 \cdot 0 + 27,72 \cdot 0,5 + 0,89 \cdot 99 + 0,09 \cdot 99}{100}$$

$$q_3 = 1,38\%$$

$$Q_3 = 71\,787,50 \frac{100}{100 - 1,38} = 72\,792,03 \text{ т/год}$$

Количество потерь периклазошпинельных огнеупоров с учетом потерь при прокаливании определяется по формуле (13),  $q_3^I$ , т/год.

$$q_3^I = Q_3 - Q_2 \quad (13)$$

$$q_3^I = 72\,792,03 - 71\,787,50 = 1\,004,53 \text{ т/год}$$

4. Потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ–81 с учетом начальной влажности сырца определяется по формуле (14),  $Q_4$ , т/год.

$$Q_4 = Q_3 \frac{100}{100 - q_4}, \quad (14)$$

где  $q_4$  – влажность сырца; 1,8-2,2%.

$$Q_4 = 72\,792,03 \frac{100}{100 - 2} = 74\,277,58 \text{ т/год}$$

Количество испаряемой влаги в сушилах определяется по формуле (15),  $q_4^I$ , т/год

$$Q_4^I = Q_4 - Q_3 \quad (15)$$

$$q_4^I = 74\,277,58 - 72\,792,03 = 1\,485,55 \text{ т/год}$$

5. Потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ–81 с учетом брака прессования определяется по формуле (16),  $Q_5$ , т/год.

$$Q_5 = Q_4 \frac{100}{100 - q_5}, \quad (16)$$

где  $q_5$  – брак прессования; 2,5%

$$Q_5 = 74\,277,58 \frac{100}{100 - 2,5} = 76\,182,13 \text{ т/год}$$

Количество брака прессования определяется по формуле (17),  $q_5^I$ , т/год:

$$q_5^I = Q_5 - Q_4 \quad (17)$$

$$q_5^I = 76\,182,13 - 74\,277,58 = 1\,904,55 \text{ т/год}$$

6. Потребность в массе для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ–81 с учетом ее потерь при смешении определяется по формуле (18),  $Q_6$ , т/год.

										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							23

$$Q_6 = Q_5 \frac{100}{100 - q_6}, \quad (18)$$

где  $q_6$  – потери массы при смешении; 0,5%

$$Q_6 = 76\,182,13 \frac{100}{100 - 0,5} = 76\,564,95 \text{ т/год}$$

Количество потерь массы, определяется по формуле (19),  $q_6^I$ , т/год

$$q_6^I = Q_6 - Q_5 \quad (19)$$

$$q_6^I = 76\,564,95 - 76\,182,13 = 382,82 \text{ т/год}$$

7. Потребность в шихте для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ – 81 с учетом потерь при хранении и транспортировке определяется по формуле (20),  $Q_7$ , т/год.

$$Q_7 = Q_6 \frac{100 - q_4}{100 - q_7} \cdot \frac{100}{100 - q_7^I}, \quad (20)$$

где  $q_4$  – влажность сырца; 1,8-2,2%;

$q_7^I$  – безвозвратные потери шихты; 0,2%;

$q_7$  – влажность шихты, %.

Влажность шихты определяется по формуле (21),  $q_7$ , т/год

$$q_7 = \frac{a_1 \cdot y_1 + a_2 \cdot y_2 + a_3 \cdot y_3 + a_4 \cdot y_4}{100}, \quad (21)$$

где  $a_1$  – содержание спеченного периклазового порошка фр. 1-0, %;

$a_2$  – содержание спеченного периклазового порошка фр. 0,063-0, %;

$a_3$  – содержание плавленной алюмомагниево-шпинели фр. 3-0, %;

$a_4$  – содержание периклазового клинкера фр. 3-1, %;

$y_1$  – влажность спеченного периклазового порошка фр. 1-0; 0,5 %;

$y_2$  – влажность спеченного периклазового порошка фр. 0,063-0; 0,5 %;

$y_3$  – влажность плавленной алюмомагниево-шпинели фр. 3-0; 0,5 %;

$y_4$  – влажность периклазового клинкера фр. 3-1; 0,5%;

$$q_7 = \frac{28,71 \cdot 0,5 + 27,72 \cdot 0,5 + 14,85 \cdot 0,5 + 27,72 \cdot 0,5}{100} = 0,49 \%$$

$$Q_7 = 76\,564,95 \frac{100 - 2}{100 - 0,49} \cdot \frac{100}{100 - 0,2} = 75\,554,23 \text{ т/год}$$

Количество потерь шихты для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ – 81 при транспортировке и хранении определяется по формуле (22),  $q_6^{II}$ , т/год

$$q_6^{II} = Q_7 - \left( Q_6 \frac{100 - q_4}{100 - q_7} \right), \quad (22)$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$q_7^{\text{II}} = 75\,554,23 - \left( 76\,564,95 \frac{100 - 2}{100 - 0,49} \right) = 151,10 \text{ т/год}$$

Количество влаги, необходимой для приготовления массы в смесителях при производстве периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ–81 определяется по формуле (23),  $q_7^{\text{III}}$ , т/год

$$q_7^{\text{III}} = Q_6 - Q_7, \quad (23)$$

$$q_7^{\text{III}} = 76\,564,95 - 75\,554,23 = 1\,010,72 \text{ т/год}$$

Потребность в технологической воде, необходимой при приготовлении массы для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ – 81, с учетом всех ее утечек определяется по формуле (24),  $q_7^{\text{IV}}$ , т/год

$$q_7^{\text{IV}} = q_7^{\text{III}} \frac{100}{100 - q_7^{\text{V}}}, \quad (24)$$

где  $q_7^{\text{V}}$  – потери технологической воды; 1%

$$q_7^{\text{IV}} = 1\,010,72 \frac{100}{100 - 1} = 1\,020,92 \text{ т/год}$$

Количество потерь технологической воды, необходимой при приготовлении массы для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ–81 определяется по формуле (25),  $q_7^{\text{VI}}$ , т/год

$$q_7^{\text{VI}} = q_7^{\text{IV}} - q_7^{\text{III}} \quad (25)$$

$$q_7^{\text{VI}} = 1\,020,92 - 1\,010,72 = 10,20 \text{ т/год}$$

#### 8. Потребность в каждой составляющей

Потребность в каждой составляющей шихты, используемой для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ – 81 определяется по формулам (26-31),  $Q_8^{\text{I}}$ , т/год

$$Q_8^{\text{I}} = Q_7 \frac{a_1}{100}, \quad (26)$$

где  $Q_8^{\text{I}}$  – потребность в спеченном периклазовом порошке фракции 1-0, т/год;  
 $a_1$  – содержание в спеченном периклазовом порошке фракции 1-0, т/год;

$$Q_8^{\text{I}} = 75\,554,23 \frac{28,71}{100} = 21\,691,61 \text{ т/год}$$

$$Q_8^{\text{II}} = Q_7 \frac{a_2}{100}, \quad (27)$$

где  $Q_8^{\text{II}}$  – потребность в спеченном периклазовом порошке фракции 0-0,063, т/год;  
 $a_2$  – содержание в спеченном периклазовом порошке фракции 0-0,063, %.

$$Q_8^{\text{II}} = 75\,554,23 \frac{27,72}{100} = 20\,943,63 \text{ т/год}$$

										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							25

$$Q_8^{\text{III}} = Q_7 \frac{a_3}{100}, \quad (28)$$

где  $Q_8^{\text{III}}$  – потребность в плавленной АМШ фракции 3-0, т/год;

$a_3$  – содержание плавленной АМШ фракции 3-0, %.

$$Q_8^{\text{III}} = 75\,554,23 \frac{14,85}{100} = 11\,219,80 \text{ т/год}$$

$$Q_8^{\text{IV}} = Q_7 \frac{a_4}{100}, \quad (29)$$

где  $Q_8^{\text{IV}}$  – потребность в периклазовом клинкере фракции 3-1, т/год;

$a_4$  – содержание периклазовом клинкере фракции 3-1, %.

$$Q_8^{\text{IV}} = 75\,554,23 \frac{27,72}{100} = 20\,943,63 \text{ т/год}$$

$$Q_8^{\text{V}} = Q_7 \frac{a_5}{100}, \quad (30)$$

где  $Q_8^{\text{V}}$  – потребность в растворе ЛСТ, т/год;

$a_5$  – содержание раствора ЛСТ, %.

$$Q_8^{\text{V}} = 75\,554,23 \frac{0,89}{100} = 672,43 \text{ т/год}$$

$$Q_8^{\text{VI}} = Q_7 \frac{a_6}{100}, \quad (31)$$

где  $Q_8^{\text{VI}}$  – потребность в этиленгликоле, т/год;

$a_6$  – содержание этиленгликоля, %.

$$Q_8^{\text{VI}} = 75\,554,23 \frac{0,09}{100} = 67,99 \text{ т/год}$$

9. Потребность в спеченном периклазовом порошке фракции 1-0 с учетом потерь его при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (32),  $Q_9$ , т/год:

$$Q_9 = Q_8^{\text{I}} \frac{100}{100 - q_9}, \quad (32)$$

где  $q_9$  – потери спеченного периклазового порошка фракции 1-0 при подготовке, хранении и транспортировке, 0,5%

$$Q_9 = 21\,691,61 \frac{100}{100 - 0,5} = 21\,800,61 \text{ т/год}$$

Количество потерь спеченного периклазового порошка фракции 1-0 при его подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (33),  $q_9^{\text{I}}$ , т/год:

$$q_9^{\text{I}} = Q_9 - Q_8^{\text{I}}, \quad (33)$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$q_9^I = 21\,800,61 - 21\,691,61 = 109,0 \text{ т/год}$$

10. Потребность в спеченном периклазовом порошке фракции 0-0,063 с учетом потерь при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (34),  $Q_{10}$ , т/год:

$$Q_{10} = Q_8^{II} \frac{100}{100 - q_{10}}, \quad (34)$$

где  $q_{10}$  – потери спеченного периклазового порошка фракции 0-0,063 при подготовке, транспортировке и хранении, 0,5%

$$Q_{10} = 20\,943,63 \frac{100}{100 - 0,5} = 21\,048,87 \text{ т/год}$$

Количество потерь спеченного периклазового порошка фракции 0-0,63 при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (35),  $q_{10}^I$ , т/год:

$$q_{10}^I = Q_{10} - Q_8^{II} \quad (35)$$

$$q_{10}^I = 21\,048,87 - 20\,943,63 = 105,24 \text{ т/год}$$

11. Потребность в плавленной АМШ фракции 3-0 с учетом потерь при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (36),  $Q_{11}$ , т/год:

$$Q_{11} = Q_8^{III} \frac{100}{100 - q_{11}}, \quad (36)$$

где  $q_{11}$  – потери плавленной АМШ фракции 3-0 при подготовке, транспортировке и хранении, 0,5%

$$Q_{11} = 11\,219,80 \frac{100}{100 - 0,5} = 11\,276,18 \text{ т/год}$$

Количество потерь плавленной АМШ фракции 3-0 при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (37),  $q_{11}^I$ , т/год:

$$q_{11}^I = Q_{11} - Q_8^{III} \quad (37)$$

$$q_{11}^I = 11\,276,18 - 11\,219,80 = 56,38 \text{ т/год}$$

12. Потребность в плотноспеченном периклазовом клинкере фракции 3-1 с учетом потерь при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (38),  $Q_{12}$ , т/год:

$$Q_{12} = Q_8^{IV} \frac{100}{100 - q_{12}}, \quad (38)$$

где  $q_{12}$  – потери плотноспеченного периклазового клинкера фракции 0,063-0 при подготовке, транспортировке и хранении, 0,5%

$$Q_{12} = 20\,943,63 \frac{100}{100 - 0,5} = 21\,048,87 \text{ т/год}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27



Количество потерь плотноспеченного периклазового клинкера фракции 3-1 при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (39),  $q_{12}^I$ , т/год:

$$q_{12}^I = Q_{12} - Q_8^{IV}, \quad (39)$$

$$q_{12}^I = 21\,048,87 - 20\,943,63 = 105,24 \text{ т/год}$$

13. Потребность в ЛСТ с учетом потерь при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (40),  $Q_{13}$ , т/год:

$$Q_{13} = Q_8^V \frac{100}{100 - q_{13}}, \quad (40)$$

где  $q_{13}$  – потери ЛСТ при подготовке, транспортировке и хранении, 0,5%

$$Q_{13} = 672,43 \frac{100}{100 - 0,5} = 675,80 \text{ т/год}$$

Количество потерь ЛСТ при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (41),  $q_{13}^I$ , т/год:

$$Q_{13}^I = Q_{13} - Q_8^V \quad (41)$$

$$q_{13}^I = 675,80 - 672,43 = 3,37 \text{ т/год}$$

14. Потребность в этиленгликоле с учетом потерь при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (42),  $Q_{14}$ , т/год:

$$Q_{14} = Q_8^{VI} \frac{100}{100 - q_{14}}, \quad (42)$$

где  $q_{14}$  – потери этиленгликоля при подготовке, транспортировке и хранении, 0,5%

$$Q_{14} = 67,99 \frac{100}{100 - 0,5} = 68,33 \text{ т/год}$$

Количество потерь этиленгликоля при подготовке, транспортировке и хранении определяется по формуле (43),  $q_{14}^I$ , т/год:

$$q_{14}^I = Q_{14} - Q_8^{VI}, \quad (43)$$

$$q_{14}^I = 68,33 - 67,99 = 0,34 \text{ т/год}$$

#### 14. Расходный коэффициент

Расходный коэффициент спеченного периклазового порошка фракции 1-0 мм. определяется по формуле (44),  $K_1$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_1 = Q_9 / Q_{\text{год}} \quad (44)$$

$$K_1 = \frac{21\,800,61}{70\,000} = 0,31 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Расходный коэффициент спеченного периклазового порошка фракции 0,063-0 мм. определяется по формуле (45),  $K_2$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_2 = Q_{10}/Q_{год} \quad (45)$$

$$K_2 = \frac{21\,048,87}{70\,000} = 0,30 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

Расходный коэффициент плавенной АМШ фракции 3-0 мм. определяется по формуле (46),  $K_3$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_3 = Q_{11}/Q_{год} \quad (46)$$

$$K_3 = \frac{11\,276,18}{70\,000} = 0,16 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

Расходный коэффициент плотноспеченного периклазового клинкера фракции 3-1 мм. определяется по формуле (47),  $K_4$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_4 = Q_{12}/Q_{год} \quad (47)$$

$$K_4 = \frac{21\,048,87}{70\,000} = 0,30 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

Расходный коэффициент ЛСТ определяется по формуле (48),  $K_5$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_5 = Q_{13}/Q_{год} \quad (48)$$

$$K_5 = \frac{675,80}{70\,000} = 0,01 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

Расходный коэффициент этиленгликоля определяется по формуле (49),  $K_6$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_6 = Q_{14}/Q_{год} \quad (49)$$

$$K_6 = \frac{68,33}{70\,000} = 0,001 \text{ т. сырья/т. гот. прод.}$$

Общий расходный коэффициент определяется по формуле (50),  $K_{общ}$ , т.сырья/т. гот. прод.:

$$K_{общ} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 \quad (50)$$

$$K_{общ} = 0,31 + 0,30 + 0,16 + 0,30 + 0,01 + 0,001 = 1,081 \text{ т. сырья./т. гот. прод.}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 2.10 – Материальный баланс производства периклазошпинельных огнеупорных изделий марки ПШПЦ – 81

Приход		Расход	
Статья	т/год	Статья	т/год
Потребность в спеченном периклазовом порошке фр. 1-0, Q <sub>9</sub>	21 800,61	Количество потерь периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ-81 при хранении, транспортировке и сортировке, q <sub>1</sub> <sup>I</sup>	351,75
Потребность в спеченном периклазовом порошке фр. 0,063-0, Q <sub>10</sub>	21 048,87	Количество брака сушки и обжига, q <sub>2</sub> <sup>I</sup>	1 435,75
Потребность в плавленной АМШ фр. 3-0, Q <sub>11</sub>	11 276,18	Количество потерь периклазошпинельных огнеупоров с учетом п.п.п., q <sub>3</sub> <sup>I</sup>	1 004,53
Потребность в плотноспеченном периклазовом клинкере, Q <sub>12</sub>	21 048,87	Количество испаряемой влаги в сушилах, q <sub>4</sub> <sup>I</sup>	1 485,55
Потребность в ЛСТ, Q <sub>13</sub>	675,80	Количество брака прессования, q <sub>5</sub> <sup>I</sup>	1 904,55
Потребность в этиленгликоле, Q <sub>14</sub>	68,33	Количество потерь массы, q <sub>6</sub> <sup>I</sup>	382,82
Потребность в технологической воде, q <sub>7</sub> <sup>IV</sup>	1 020,92	Количество потерь шихты для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ-81 при транспортировке и хранении, q <sub>7</sub> <sup>II</sup>	151,10
		Количество потерь технологической воды, необходимой при приготовлении массы для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ-81, q <sub>7</sub> <sup>VI</sup>	10,20
		Количество потерь потерь спеченного периклазового порошка фр. 1-0 при подготовке, транспортировке и хранении, q <sub>9</sub> <sup>I</sup>	109,0
		Количество спеченного периклазового порошка фр. 0,063-0 при подготовке, транспортировке и хранении, q <sub>10</sub> <sup>I</sup>	105,24

## Окончание таблицы 2.10

			Количество потерь плавленной АМШ фр. 3-0 при подготовке, транспортировке и хранении, $q_{11}^I$		56,38
			Количество потерь плотноспеченного периклазового клинкера при подготовке, транспортировке и хранении, $q_{12}^I$		105,24
			Количество потерь ЛСТ при подготовке, транспортировке и хранении, $q_{13}^I$		3,37
			Количество потерь этиленгликоля при подготовке, транспортировке и хранении, $q_{14}^I$		0,34
			Годовая производительность, $Q_{\text{год}}$		70 000
Сумма прихода	$\Sigma_{\text{прихода}}$	76 939,58	Сумма расхода	$\Sigma_{\text{расхода}}$	77 105,82

Выводы: для обеспечения заданной годовой производительности 70 000т изделий марки ПШПЦ-81 требуется:

– спеченный периклазовый порошок фракции 1-0 мм	21 800,61 т
– спеченный периклазовый порошок фракции 0,063-0 мм	21 048,87 т
– плавная АМШ фракции 3-0 мм	11 276,18 т
– периклазовый клинер фракции 3-1 мм	21 048,87 т
– раствор ЛСТ	675,80 т
– этиленгликоль	68,33 т

## 2.5 Контроль технологии производства

Контроль производства периклазошпинельных изделий включает: входной контроль (качества сырья, основных и вспомогательных материалов); текущий контроль; контроль готовой продукции.

Текущий контроль производства – проверка соответствия показателей качества продукции установленным требованиям нормативно-технической документации. Текущий контроль гарантирует точность процесса и является неотъемлемой частью технологии.

Текущий контроль производства осуществляет Управление контролем качества и исследования (УККиИ), права и обязанности, которого определяются типовым положением: УККиИ представляет собой самостоятельное структурное подразделение. Основной целью УККиИ является осуществление контроля

качества продукции, строгое соблюдение ее стандартов и технологических условий. УККиИ следит за соблюдением технологии, установленной на всех этапах производства, а также за качеством сырья, топлива и материалов, поставляемых в цех.

Контроль качества сырья и правильность его хранения является первой и очень важной функцией в общей схеме производства. Текущий контроль осуществляется в соответствии с графиками контроля, в которых установлены наименование контролируемого параметра, место и частота отбора проб, персонал, участвующий в отборе и определении. Для всех операций отбора проб и реализации определений составляют лабораторные инструкции.

Текущий контроль технологии обеспечивает:

- соблюдение производственного процесса;
- предотвращение причин, приводящих к бракованной продукции;
- сортировка бракованной продукции.

Выходной контроль – контроль качества готовой продукции.

Контроль технологии производства периклазошпинельных изделий представлен в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Контроль технологии производства ПШПЦ-81[6]

Наименование контролируемого материала	Контролируемые параметры	Место отбора проб	Кто отбирает пробы	Частота отбора проб и частота определений	Кто производит ит определ.	Документации для контроля
1	2	3	4	5	6	7
1 Порошок периклазовый спеченный фр. 1-0 мм перед бункерами вылеживания	1.Массовые доли: MgO, CaO, SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO/ SiO <sub>2</sub> . 2.Массовая доля зерен на сетках № 1,05 3.Температура 4.Массовая доля влаги 5. Δm <sub>прк</sub>	Ленточный конвейер	УККиИ  ЦЛ  УККиИ	От каждого бункера   2 раза в сутки	Центральная Лаборатория	ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ 2642.7-97 ГОСТ 2642.3-97 ГОСТ 2642.5-97 ГОСТ 2642.2-86 МВИ № 02.05.193-2009 ГОСТ 27707-2007 ЛИ-2-13ГОСТ ГОСТ 28584-90

Продолжение таблицы 2.11

<p>2 Порошок периклазовый спеченный фр. 0,063-0 мм</p>	<p>1.Массовые доли: MgO, CaO, SiO<sub>2</sub>,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO/SiO<sub>2</sub>. 2.Массовая доля зерен на сетках № 0063 3. Δm<sub>прк</sub> 4.Температура определяется в летний период: апрель-октябрь.</p>	<p>Пересыпное устр. после трубомельницы  Дозатор</p>	<p>ЦЛ  ЦМИ -2</p>	<p>12 раз в сутки  2 раза в сутки 1 раз в смену</p>	<p>Центральная Лаборатория</p>	<p>ГОСТ 2642.7-97 ГОСТ 2642.3-97 ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ 2642.5-97 МВИ № 02.05.193-2009 ГОСТ 27707-2007 ЛИ-2-13 ГОСТ 2642.2-86 Непосредственное измерение</p>
<p>3 Плавленая алюмомагнезевая шпинель фр. 3-0 мм</p>	<p>1.Массовые доли: MgO, CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2.Массовая доля зерен на сетках № 3,1,05,01 3. Массовая доля влаги 4.Кажущаяся плотность по фр. 3-0</p>	<p>Ленточный конвейер</p>	<p>ЦМИ -2</p>	<p>При необходимости</p>	<p>Центральная лаборатория</p>	<p>ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ 2642.4-97 ГОСТ 2642.7-97 ГОСТ 2642.3-97 МВИ № 02.05.193-2009 ГОСТ 27707-2007 ЛИ-2-13 ГОСТ 28584-90 ГОСТ 18847-84</p>
<p>4 Плотноспеченный периклазовый клинкер фр. 3-1 мм</p>	<p>1.Массовые доли: MgO, CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Δm<sub>прк</sub> 2.Массовая доля зерен на сетках № 4,3,1 3.Пористость открытая, каж.плотность 4.Массовая доля влаги</p>	<p>Ленточный конвейер</p>	<p>УККИ И</p>	<p>От каждого бункера (автомашин)</p>	<p>Центральная лаборатория</p>	<p>ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ 2642.4-97 ГОСТ 2642.3-97 ГОСТ 2642.7-97 ГОСТ 2642.5-97 ГОСТ 2642.2-86 МВИ № 02.05.193-2009 ГОСТ 27707-2007 ЛИ-2-13</p>

Окончание таблицы 2.11

5 Лигносульфонаты технические	1. Температура 2. Плотность 3. Массовая доля сухих веществ 4. Вязкость	Расход. Баки ЛСТ	ЦМИ –2	3 раз/сут.  1 раз/сут.  3 раз/сут.	ЦМИ–2  Центральная лаборатория	ТУ 2455-028-00279580-2004, ТУ 2455-001-00281039-01, ТУ 2455-002-00281039-2000
6 Приготовление массы	Состав шихты Режим перемешивания	Линия дозирования Смеситель	ЦМИ –2			Программа АРМ-Технолога
7 Масса периклазошпинельных изделий марки ПШПЦ-81	1. Массовые доли: MgO, CaO, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2. Массовая доля зерен на сетках № 3,2,1,0063 4. Массовая доля влаги	Пресс	ЦЛ	6 раз/сут	Центральная лаборатория	ГОСТ 2642.7-97 ГОСТ 2642.3-97 ГОСТ 2642.8-97 ГОСТ 2642.2-86 ГОСТ 2642.4-97 МВИ № 02.05.193-2009 ГОСТ 27707-2007 ЛИ-2-13 ГОСТ 28584-90
8 Режим прессования	Давление прессования.	Пресс	Технолог смены – 2 раза в смену от каждого работающего пресса			Журнал технолога
9 Изделия на печном вагоне	Соответствие схемам садок	Печной вагон	ЦМИ–2	Каждый вагон	ЦМИ–2	
10 Свежеспесованные изделия	1. Внешний вид 2. Кажущаяся плотность	Пресс	Прессовщик обеспечивает качество изделий. Технолог смены – 2 раза в смену от каждого работающего пресса (регистрация размеров и кажущиеся плотности в журнале технолога)			Штангенциркуль шаблон, металл, линейка, весы

Метрологический контроль (обеспечение) технологических параметров при изготовлении изделий марок ПШПЦ – 81, указан в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Метрологический контроль технологических параметров [1]

Наименование параметров	Значение параметров	Средства измерений				
		Наименование, тип	Метрологические характеристики		Способ регистрации показаний	Межповорочный интервал
			предел измерений	погрешность измерений кг		
1	2	3	4	5	6	7
Температура порошка при выходе из сушильного барабана	40-70	Термометр ртутный или (спиртовой)	0-100	КТ 2	Технологический журнал Система «Магнезиус»	36
Температура лигносульфонатов технических, ОС	40-55	Термометр ртутный или (спиртовой)	0-100	КТ 2	Технологический журнал Система «Магнезиус»	36
Плотность лигносульфонатов технических, кг/м <sup>3</sup>	1210-1320	Ареометр АОН-3	1000...1400	ПГ ±10 кг/м <sup>3</sup>	Технологический журнал Система «Магнезиус»	48
Условная вязкость, с	50-300	Вискозиметр ВЗ-246	20-300	ПГ ±3 %	Технологический журнал Система «Магнезиус»	12
Масса составляющих шихту компонентов	20-80	Автоматические весовые устройства: БДК-350* ДЖУ-40В	50-300	ПГ ±1 %	Программа АРМ-технолога система «Магнезиус»	12**
	4-40		0-40	ПГ ±1 %		12**
Размеры сырца, мм: а) длина, ширина б) толщина	0-1000	Линейка металлическая ГОСТ 427-75	0-1000	ПГ ±0,20 %	Журнал технолога	12
	0-300 0-150	Штангенциркуль ГОСТ 1696-89	0-300 0-150			12 12
Масса сырца изделий, кг	0-100	Весы общего назначения	0-100	КТ средний	Журнал технолога	12

Выходной контроль периклазошпинельных изделий представлен в таблице 2.13.



Таблица 2.13 – Выходной контроль ПШПЦ-81

Наименование показателя	Наименование показателя
1	2
1.Массовая доля на прокаленное вещество, %:	
MgO, не менее	81,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , в пределах	7-12
CaO, не более	2,5
SiO <sub>2</sub> , не более	2,2
2. Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup> (МПа), не менее	35
3.Пористость открытая, %, не более	22
4.Температура начала размягчения, °С, не ниже	1530
5.Термическая стойкость, число теплосмен, не менее	8

Вывод: таким образом контроль качества является первой и очень важной функцией в общей схеме производства. Поскольку это позволяет вывести отклонения от установленных технологических требований, выявить брак при изготовлении сырца, в случае чего применить меры для устранения брака.

### 3 ПОДБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### 3.1 Характеристика основного оборудования

Для прессования и формования изделий используется новосибирский гидравлический пресс ДО-542Н. Характеристики пресса ДО-542Н представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технологические данные и характеристики пресса ДО-542Н

Основные показатели	Значение
Номинальное усилие пресса, МН	16
Наибольшее усилие выталкивания изделий, кН	1600
Скорость прессования, прессований/мин	4
Наибольшая высота заполнения пресс-формы, мм	500
Количество одновременно прессуемых изделий, шт	1-4
Мощность электродвигателя, кВт	126

Пресс ДО-542Н состоит из станины колонной конструкции, в верхней траверсе которой установлены: главный цилиндр и цилиндр матрицы. По колоннам перемещается главный ползун с верхним пуансоном и ползун-матрица с прессформой. В нижней траверсе станины закреплены нижние пуансоны. К ползуну матрицы крепится стол подачи массы по направляющим роликам, по которым перемещается каретка, на каретке установлен вибратор. На стойках над кареткой расположен промежуточный бункер с секторным затвором, из которого формовочная масса засыпается в каретку.

Для приготовления массы изготовления периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ-81 используются смесительные бегуны СМ15104М. Технические характеристики приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика смесительных бегунов СМ15104М

Наименование показателей	Значение
Наибольший объем засыпаемой смеси, дм <sup>3</sup>	750
Наибольшая масса засыпаемой смеси, кг	1000
Частота вращения тарелки, мин	28
Диаметр тарелки, внутренний, мм	1500
Мощность двигателя привода вращения тарелки, кВт	11
Мощность двигателя привода завихрителя, кВт	35
Габаритные размеры смесителя (без электрооборудования), мм:	
длина	2700
ширина	1720
высота	2600
Масса смесителя с электрооборудованием, кг	5700

Смесительные бегуны СМ 15104М – бегуны периодического действия, каткового типа. В бегунах периодического действия материал перемешивается отдельными порциями. Схема смесителей с вертикальными катками представлена на рисунке 2.2.

Катковый смеситель (бегуны) имеют неподвижную чашу (1) и два гладких катка (2) (посаженные на оси 4), которые катятся по слою смешиваемого материала вокруг центрального вертикального вала (3).

При помощи плужков (5 и 6) смешиваемый материал направляется под катки. Катки смонтированы на кривошипах таким образом, что при попадании под них случайных твердых предметов могут приподниматься и пропускать последние.

Между катками и днищем чаши имеется регулируемый зазор  $D$  (до 25мм), который предотвращает дробление катками песчаных зерен смеси. Готовый замес выгружается из смесителя через люк (7) в днища чаши. Загрузка исходных материалов и выгрузка смеси осуществляется периодически.

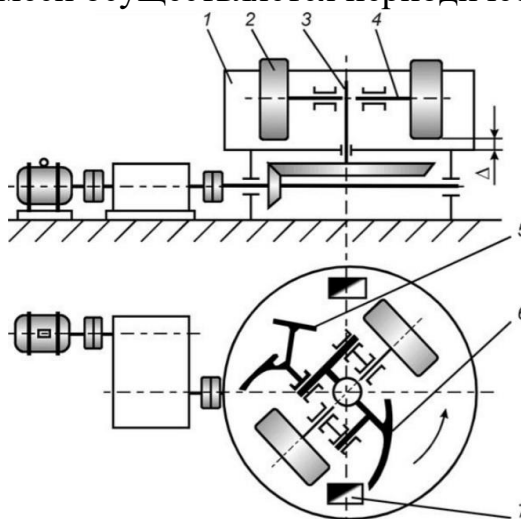


Рисунок 3.1 – Схема смесителей с вертикальными катками

### 3.2 Характеристика вспомогательного оборудования

Для дозирования порошков используется автоматический весовой дозатор БДК-350. Технические характеристики приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики дозатора БДК-350

Наименование показателя	Показатель
Объем бункера, $\text{дм}^3$	350
Диаметр выпускного окна, мм	400
Погрешность измерения, %, не более	2
Габаритные размеры, мм	976x842x1475
Масса, кг, не более	500

Для дозирования раствора ЛСТ выбираем дозатор, жидкостно-управляемый объемом  $40 \text{ дм}^3$  типа ДЖУ-40В выполнен в климатическом исполнении УХЛ 4 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для работы с пневмосистемами производственного оборудования, работающим при плюсовых температурах на сжатом воздухе под давлением до 0,1 Мпа, очищенном не грубее 10-го класса загрязненности по ГОСТ 17433-80. Технические характеристики приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Техническая характеристика ДЖУ-40В

Наименование показателя	Показатель
Объем дозатора, $\text{дм}^3$	40
Допустимое значение погрешности при дозировании, %	1
Масса, кг	58,2

Конвейеры цепные типа ТСЦ (П) с погруженными скребками предназначены для горизонтального, полого-наклонного (до 15°) и круто-наклонного (до 30°) транспортирования пылевидных, порошкообразных, зернистых и мелкокусковых насыпных грузов с максимальным размером частиц до 25 мм, а также горячих грузов с температурой до 200°С без принудительного охлаждения (при условии снижения исходной производительности с 2,5-3 раза). Технические характеристики конвейеров представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики конвейеров с погруженными скребками типа ТСЦ (П)

Наименование параметра	Типоразмер конвейера			
	ТСЦ (П)-200	ТСЦ (П)-320	ТСЦ (П)-500	ТСЦ (П)-630
Габариты короба в свету, мм:				
ширина	200	320	500	630
высота	360	440	440	440
Длина транспортирования (тах), м	до 75			до 45
Угол наклона конвейера, град	до 30			до 15
Максимальная температура транспортировки груза, °С	200 – без принудительного охлаждения 450 – с принудительным охлаждением			
Скорость движения тяговой цепи, м/с	0,16/ 0,22/ 0,28/ 0,4 Выбор скорости цепи зависит от абразивности и температуры транспортируемого груза			
Производительность при температуре груза до 70°С и скорости цепи 0,4 м/с, м <sup>3</sup> /ч:				
горизонтального конвейера	35			
при угле 15°	30			
при угле 30°	25			
Производительность при температуре груза свыше 200°С, м <sup>3</sup> /ч:				
горизонтального конвейера	14			
при угле 15°	12			
при угле 30°	10			
Мощность привода, кВт	от 3 до 75			
Тяговый орган	Пластинчатая тяговая однорядная (двухрядная) цепь			
Шаг цепи/ шаг скребков, мм	125	160	160	160
Привод конвейера (на выбор)	эл/двигатель+муфта+редуктор мотор-редуктор 4МЦ2С (ОАО «ПЗМП», г. Псков); мотор-редуктор Danfoss BAUER/ BONFIGLIOLI/ NORD			

## Принцип работы конвейера

Конвейер цепной с погруженными скребками типа ТСЦ (П), показан на рисунке 3.2 – представляет собой коробчатую сборную конструкцию прямоугольного сечения из листовой стали толщиной от 4 до 0,6 мм (зависит от условий эксплуатации). В верхней части его закрывают крышками. В приводной секции (1) на подшипниковом валу расположены звездочки. На другом конце конвейера установлена натяжная секция (3), в которой имеются ролики натяжной оси и винтовой механизм натяжения. Между звездочками и роликами натянута тяговая пластинчатая катковая цепь со скребками (5). Нижняя и верхняя ветви цепи скользят по направляющим и роликам секций промежуточных и разгрузочных. Натяжное устройство монтируют со стороны загрузки транспортера. Оно обеспечивает необходимое натяжение скребковой цепи.

Приводная секция (1), состоит из рамы привода, привода в сборе (2). Привод заблокирован с устройством, отключающий электродвигатель при обрыве тяговой цепи (11). При включении электродвигателя приводные звездочки перемещают цепь внутри короба транспортера. Скребки на цепи захватывают груз и перемещают его по дну короба от загрузочной секции (7) к разгрузочной (8). Конструкция конвейера позволяет загружать и разгружать его в нескольких точках по длине короба, это осуществляется управлением шиберных затворов (10) и речных задвижек. Разгрузка осуществляется через патрубки (12) в днище разгрузочной секции.

Длина транспортирования зависит от количества промежуточных секций.

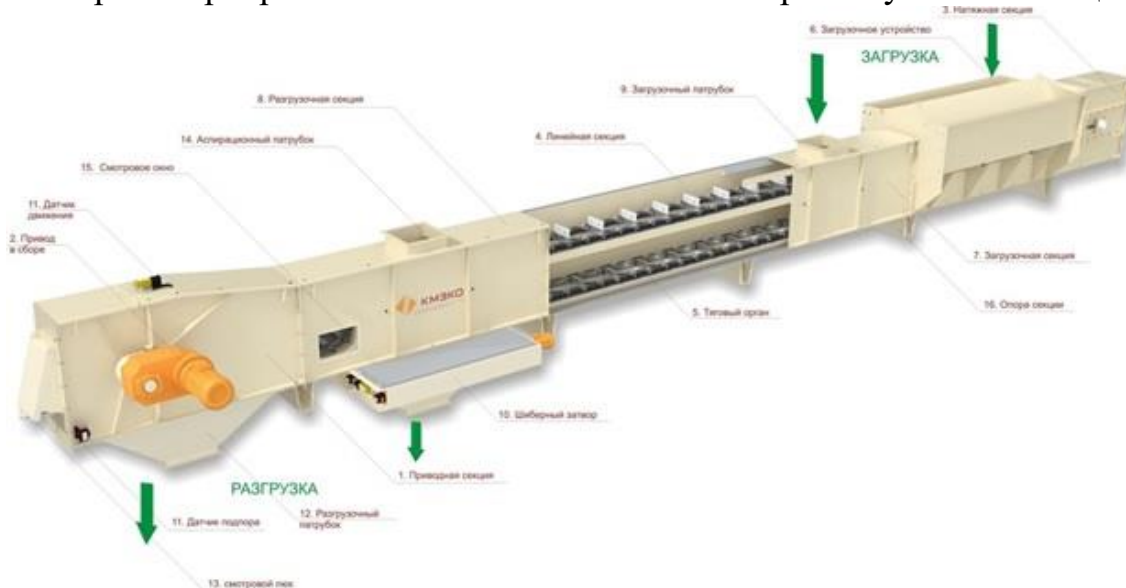


Рисунок 3.2 – Конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П): 1– приводная секция; 2 – привод в сборе; 3 – натяжная секция; 4 – линейная секция; 5 – тяговый орган цепь со скребками; 6 – загрузочное боковое устройство; 7 – загрузочная секция; 8 – разгрузочная секция; 9 – загрузочный патрубок; 10 – шиберный затвор на разгрузочной секции; 11 – датчики; 12 – разгрузочный патрубок; 13 – смотровой люк; 14 – аспирационный патрубок подвода центральной системы аспирации; 15 – смотровое окно; 16 – опора секции

						18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			40

Мостовой кран.

Мостовой кран предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с различными грузами при температуре окружающего воздуха +40°C, -40°C. Все мостовые краны оборудуются: анемометрами, регистраторами параметров, концевыми выключателями на грузовую тележку и высоту подъема.

Мостовой кран представляет собой массивную мостовую конструкцию, которая с помощью механизма передвижения перемещается по подкрановым путям, установленным на специальных колоннах. Технические характеристики мостового крана представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики мостового крана

Параметр 1	Значение 2
Грузоподъемность, т	20/5
Максимальная высота подъема, м	24
Механизм подъема, кВт	23,5
Механизм передвижения грузовой тележки, кВт	8,8
Максимальная скорость передвижения, км/ч	2,4
Пролет, м	22
Грузоподъемность главного крюка, т	20
Высота подъема главного крюка, м	24
Частота, Гц	50
Напряжение, В	380
Род тока	переменный
Максимальная скорость передвижения тележки, км/ч	1,2
Общий вес крана, т	16
Грузоподъемность вспомогательного крюка, т	5
Высота подъема вспомогательного крюка, м	24
Тип питания	электрический
Привод	электрический

Толкатель цепной

Толкатель цепной предназначен для транспортировки печных вагонеток. Толкатель цепной изготавливается в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 4 по ГОСТ 15150. Технические характеристики цепного толкателя представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики толкателя цепного

Показатель 1	Значение 2
Усилие толкателя, кН	5
Ход	3125
Скорость перемещения, м/с	0,1
Установленная мощность, кВт	0,75
Габаритные размеры, мм:	
длина	4470
ширина	770
высота	545
Масса, кг	420

### 3.3 Расчет необходимого количества оборудования

Расчет прессового оборудования

Часовая производительность пресса определяется по формуле (51),  $Q_{\text{час}}$ , т/час:

$$Q_{\text{час}} = \frac{m \cdot n \cdot 3600}{t \cdot 1000}, \quad (51)$$

где  $m$  – масса одного изделия, кг;

$n$  – количество одновременно прессуемых изделий;

$t$  – цикл прессования

$$Q_{\text{час}} = \frac{5,9 \cdot 2 \cdot 3600}{6 \cdot 1000} = 7,08 \text{ т/час}$$

Годовая производительность пресса определяется по формуле (52),  $Q_{\text{год}}$ , т/год:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{час}} \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{\text{исп}}, \quad (52)$$

где  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования

$$Q_{\text{год}} = 7,08 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,9 = 55\,818,72 \text{ т/год}$$

Необходимое количество прессов определяется по формуле (53),  $n_{\text{пресс}}$ , пресс:

$$n_{\text{пресс}} = \frac{Q_5}{Q_{\text{год.пресса}}}, \quad (53)$$

где  $Q_5$  – потребность в периклазошпинельных огнеупорах марки ПШПЦ–81 с учетом брака прессования, т/год.

$$n_{\text{пресс}} = \frac{76\,182,13}{55\,818,72} = 1,36 \text{ пресса}$$

Принимаем 2 пресса.

Фактический коэффициент использования определяется по формуле (54),  $K_{\text{исп.факт}}$ :

$$K_{\text{исп.факт.}} = n \cdot 0,9/2 \quad (54)$$

$$K_{\text{исп.факт.}} = 1,36 \cdot \frac{0,9}{2} = 0,61$$

Расчет смесительного оборудования определяется по формуле (55),  $Q_{\text{см}}$ , т/час:

$$Q_{\text{см}} = \frac{m_{\text{зам}} \cdot 60}{T \cdot 1000}, \quad (55)$$

где  $m$  – масса замеса, кг;

$T$  – время замеса, мин.

$$Q_{\text{см}} = \frac{650 \cdot 60}{8 \cdot 1000} = 4,88 \text{ т/час}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Годовая производительность смесителя, определяется по формуле (56)  $Q_{\text{год см}}$ , т/год:

$$Q_{\text{год см}} = Q_{\text{см}} \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{\text{исп}} \quad (56)$$

$$Q_{\text{год см}} = 4,88 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,9 = 38\,473,92 \text{ т/год}$$

Количество смесителей определяется по формуле (57),  $n_{\text{см}}$ , смесителей:

$$n_{\text{см}} = \frac{Q_6}{Q_{\text{год смесителя}}}, \quad (57)$$

где  $Q_6$  – потребность в массе для производства периклазошпинельных огнеупоров марки ПШПЦ – 81 с учетом ее потерь при смешении, т/год.

$$n_{\text{см}} = \frac{76\,564,95}{38\,473,92} = 1,99 \text{ смесителей}$$

Принимает 2 смесителя.

Фактический коэффициент использования определяется по формуле (54),  $K_{\text{исп.факт}}$

$$K_{\text{исп.факт}} = 1,99 \cdot \frac{0,9}{2} = 0,89$$

Расчет количество необходимых дозаторов принимаем по технологической схеме – четыре дозатора БДК-350. Так как 2 смесителя, значит 8 дозаторов.

Расчет количества необходимых дозаторов ДЖУ-40 для жидкости. Годовая производительность, т/год:

$$Q_{\text{год д}} = Q_{\text{час}} \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{\text{исп}} \quad (59)$$

$$Q_{\text{год д}} = 15 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,5 = 65\,700 \text{ т/год}$$

$$n = \frac{675,80/1,21}{65\,700} = 0,01$$

Принимаем один дозатор ДЖУ-40В для ЛСТ. Так как 2 смесителя, принимаем два дозатора ДЖУ-40В.

Принимаем один ленточный конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П).

Вывод: для изготовления 70 000 т/год периклазошпинельных изделий было подобрано и определено необходимое количество основного оборудования:

- пресс ДО – 542Н – 2шт;
- смесительные бегуны СМ15104М – 2шт.

Вспомогательное оборудование:

- автоматический весовой дозатор БДК-350 – 8шт;
- дозатор ДЖУ-40В – 2шт;
- конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ (П) – 1шт.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43



## 5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Расчет горения топлива

Природный газ Бугурусланского месторождения [1].

Таблица 5.1 – Состав сухого газа, %

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N	H <sub>2</sub> S	Сумма
81,7	5,0	2,0	1,2	0,6	0,4	8,5	0,6	100,0

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

Принимаем содержание влаги в газе 1,0%. Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ по формуле (60), CH<sub>4</sub><sup>вл</sup>, % :

$$CH_4^{вл} = CH_4^c \frac{100 - H_2O}{100}, \% \quad (60)$$

$$CH_4^{вл} = 81,7 \frac{100 - 1}{100} = 81,7 \cdot 0,99 = 80,88\%$$

Далее производится расчет и сводится в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Состав влажного газа, %

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	N	H <sub>2</sub> S	Сумма
80,88	4,95	1,98	1,19	0,59	0,4	8,42	0,59	100,0

Определяем теплоту сгорания газа по формуле (61), Q<sub>н</sub><sup>p</sup>, кДж/нм<sup>3</sup>:

$$Q_n^p = 358,2CH_4 + 637,5C_2H_6 + 912,5C_3H_8 + 1186,5C_4H_{10} + 1460,8C_5H_{12}, \text{ кДж/нм}^3 \quad (61)$$

$$Q_n^p = 358,2 \cdot 80,88 + 637,5 \cdot 4,95 + 912,5 \cdot 1,98 + 1186,5 \cdot 1,19 + 1460,8 \cdot 0,59 = 36207 \text{ кДж/нм}^3$$

Находим теоретически необходимое количество сухого воздуха по формуле (62), L<sub>0</sub>, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>:

$$L_0 = 0,0476(2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12}), \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (62)$$

$$L_0 = 0,0476(2 \cdot 80,88 + 3,5 \cdot 4,95 + 5 \cdot 1,98 + 6,5 \cdot 1,19 + 8 \cdot 0,59) = 9,59, \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Влагосодержание атмосферного воздуха d=10 г/кг сух.воз. находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности по формуле (63), L'<sub>0</sub>, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>:

$$L'_0 = 1,016 \cdot L_0, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (63)$$

$$L'_0 = 1,016 \cdot 9,59 = 9,74 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

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

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

сухого воздуха:  $L_{\alpha} = 1,2 \cdot L_0 = 1,2 \cdot 9,59 = 11,51 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$

атмосферного воздуха:  $L'_{\alpha} = 1,2 \cdot L'_0 = 1,2 \cdot 9,74 = 11,69 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$

Определяем количество и состав продуктов горения при  $\alpha=1,2$  по формулам (64-67),  $\text{нм}^3/\text{нм}^3$ :

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01(\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_6 + 3\text{C}_3\text{H}_8 + 4\text{C}_4\text{H}_{10} + 5\text{C}_5\text{H}_{12}), \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad (64)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,01(0,4 + 80,88 + 2 \cdot 4,95 + 3 \cdot 1,98 + 4 \cdot 1,19 + 5 \cdot 0,59 = \\ = 1,048), \text{нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(2\text{CH}_4 + 3\text{C}_2\text{H}_6 + 4\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{C}_4\text{H}_{10} + 6\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{H}_2\text{O} + \\ + 0,16dL_{\alpha}), \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad (65)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,01(2 \cdot 80,88 + 3 \cdot 4,95 + 4 \cdot 1,98 + 5 \cdot 1,19 + 6 \cdot 0,59 + 1,0 + 0,16 \cdot 10 \cdot \\ \cdot 11,51 = 2,134 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,79L_{\alpha} + 0,01N_2, \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad (66)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot 11,51 + 0,01 \cdot 8,42 = 9,177 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21(1,2 - 1)L_0, \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad (67)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21(1,2 - 1) \cdot 9,59 = 0,402, \text{нм}^3/\text{нм}^3$$

Общее количество продуктов горения по формуле (68):

$$V_{\alpha} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2}, \text{нм}^3/\text{нм}^3 \quad (68)$$

$$V_{\alpha} = 1,048 + 2,134 + 9,177 + 0,402 = 12,76 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Определяем процентный состав продуктов горения:

$$\text{CO}_2 = \frac{1,048 \cdot 100}{12,76} = 8,21\%$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{2,134 \cdot 100}{12,76} = 16,72\%$$

$$\text{N}_2 = \frac{9,177 \cdot 100}{12,76} = 71,92\%$$

$$\text{O}_2 = \frac{0,402 \cdot 100}{12,76} = 3,15\%$$

Всего: 100%

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Перевод  $\text{нм}^3$  в кг произведем путем умножения на плотность. Составляем материальный баланс процесса горения на  $100 \text{ нм}^3$  газа при  $\alpha=1,2$ .

Таблица 5.3 – Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Природный газ		Продукты горения	
$\text{CH}_4=80,88 \cdot 0,717$	57,99	$\text{CO}_2=1,048 \cdot 100 \cdot 1,977$	207,19
$\text{C}_2\text{H}_6=4,95 \cdot 1,356$	6,71	$\text{H}_2\text{O}=2,134 \cdot 100 \cdot 0,804$	171,57
$\text{C}_3\text{H}_8=1,98 \cdot 2,020$	4,00	$\text{N}_2=9,177 \cdot 100 \cdot 1,251$	1148,04
$\text{C}_4\text{H}_{10}=1,19 \cdot 2,840$	3,38	$\text{O}_2=0,402 \cdot 100 \cdot 1,429$	57,44
$\text{C}_5\text{H}_{12}=0,59 \cdot 3,218$	1,90	Невязка	-0,65
$\text{CO}_2=0,4 \cdot 1,977$	0,79		
$\text{N}_2=8,42 \cdot 1,251$	10,53		
$\text{H}_2\text{S}=0,59 \cdot 1,539$	0,91		
$\text{H}_2\text{O}=1,00 \cdot 0,804$	0,80		
Воздух			
$\text{O}_2=201,44 \cdot 1,2 \cdot 1,429$	345,43		
$\text{N}_2=201,44 \cdot 1,2 \cdot 3,762 \cdot 1,251$	1137,64		
$\text{H}_2\text{O}=0,16 \cdot 10 \cdot 11,51 \cdot 0,804$	14,81		
Итого	1584,89		1584,89

Невязка баланса составляет:

$$\frac{100 \cdot 0,65}{1584,89} = 0,04\%$$

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до  $t_{\text{воз}}=800^\circ$  при  $\alpha=1,2$ .

По  $t-t$  диаграмме находим теплоту нагрева атмосферного воздуха  $q'_{\text{воз}}=1110$  кДж/нм<sup>3</sup>.

Тогда

$$q_{\text{общ}} = \frac{36207}{12,76} + \frac{11,69 \cdot 1110}{12,76} = 2838 + 1017 = 3855 \text{ кДж/нм}^3$$

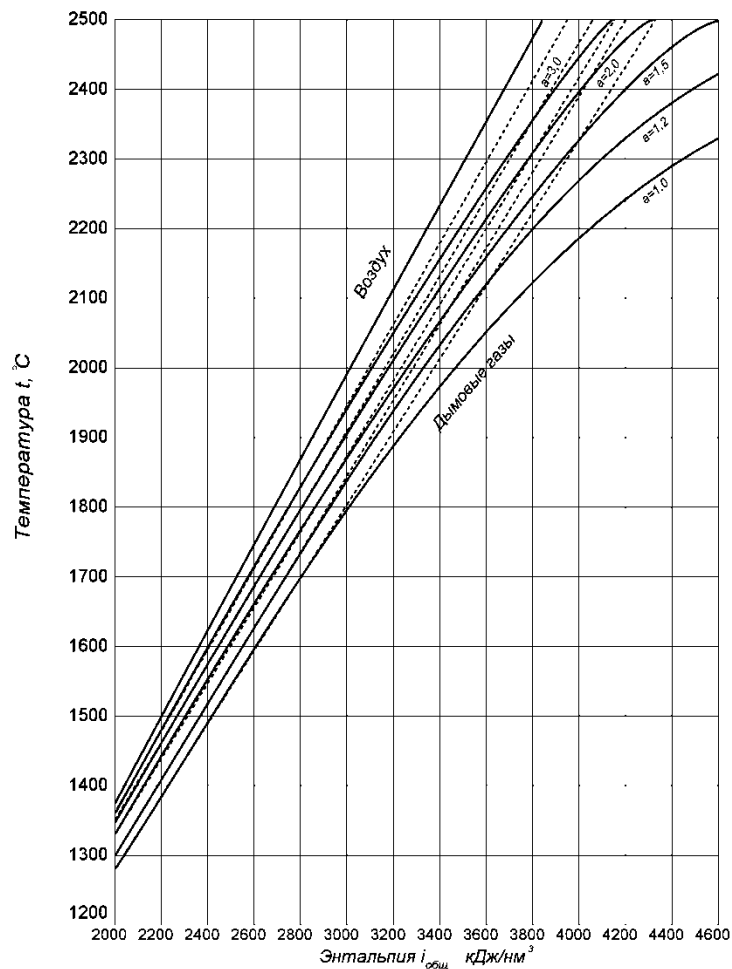


Рисунок 5.1 –  $t$ - $t$  диаграмма для высоких температур

По  $t$ - $t$  диаграмме теоретическую температуру горения при  $\alpha=1,2$  –  $t_{\text{теор}}=2220^\circ$ .

Для сравнения определим calorimetric temperature of combustion with the help of enthalpy tables. We are given temperatures  $t_1=2200^\circ$  and  $t_2=2300^\circ$ .

Рассчитываем теплосодержание продуктов горения:

При  $t_1=2200^\circ$

$$\text{CO}_2=0,082 \cdot 5387,0=441,7$$

$$\text{H}_2\text{O}=0,167 \cdot 4402,2=735,2$$

$$\text{N}_2=0,719 \cdot 3289,3=2365,0$$

$$\text{O}_2=0,032 \cdot 3482,7=111,4$$

$$i_1=3653,3 \text{ кДж/нм}^3$$

При  $t_2=2300^\circ$

$$\text{CO}_2=0,082 \cdot 5658,7=464,0$$

$$\text{H}_2\text{O}=0,167 \cdot 4643,8=775,5$$

$$\text{N}_2=0,719 \cdot 3452,6=2482,4$$

$$\text{O}_2=0,032 \cdot 3656,5=117,0$$

$$i_2=3838,9 \text{ кДж/нм}^3$$

Следовательно:  $3838,9 > 3855 > 3653,3$

$3838,9 - 3653,3 = 185,6$  соответствует  $100^\circ$ :

$3855 - 3653,3 = 201,7$

$$\Delta t = \frac{201,7 \cdot 100}{185,6} = 108,7,$$

отсюда

$$t_k = 2200 + 108,7 = 2308,7^{\circ}\text{C}$$

Определяем действительную температуру горения при коэффициенте  $\eta=0,80$  по формуле (69),  $t_d$ ,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$t_d = \eta \cdot t_k \quad (69)$$

$$t_d = 0,80 \cdot 2308,7 = 1847^{\circ}\text{C}$$

## 5.2 Тепловой баланс печи

Зона подогрева и обжига

Приход тепла

Физическое тепло топлива определяется по формуле (70),  $Q_{\text{топ}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{топ}} = Q_H \cdot V, \quad (70)$$

где  $V$  – расход топлива,  $\text{м}^3/\text{с}$

$Q_H^p$  – теплотворная способность топлива, кДж/нм<sup>3</sup>

$$Q_{\text{топ}} = 36207 \cdot V = 36702 \cdot V \text{ кДж/час}$$

Тепло, вносимое подогретым воздухом определяется по формуле (71),  $Q_{\text{воз}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{воз}} = L_{\alpha} \cdot \iota_{\text{воз}} \cdot V \quad (71)$$

где  $L_{\alpha}$  – действительный расход воздуха, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>

$\iota_{\text{воз}}$  – теплосодержание воздуха кДж/нм<sup>3</sup>.

По расчету горения топлива  $L_{\alpha}=11,69$  нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup>,  $\iota_{\text{воз}}=1110$  кДж/м<sup>3</sup>, тогда

$$Q_{\text{воз}} = 11,69 \cdot 1110 \cdot V = 12\,976 \cdot V \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{топ}} + Q_{\text{воз}} = 36\,702 \cdot V + 12\,976 \cdot V = 49\,678 \cdot V \text{ кДж}$$

Расход тепла

Тепло, затраченное на нагрев материала определяется по формуле (72),  $Q_{\text{мат}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{мат}} = Q_{\text{час}} (c_k \cdot t_k - c_n \cdot t_n), \quad (72)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовая производительность печи, кг/час

$$Q_{\text{час}} = 4,75 \cdot 1000 = 4750 \text{ кг/час}$$

$c_k, c_n$  – теплоемкости материалов, взятые при конечной и начальной температуре материала, кДж/кг · град

$t_k, t_n$  – конечная и начальная температура,  $^{\circ}\text{C}$

$$t_k = t_{\text{обж}}$$

$$c_n = 0,942 + 0,00025 \cdot t_n \quad (73)$$

$$c_n = 0,942 + 0,00025 \cdot 20 = 0,947 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$c_k = 0,942 + 0,00025 \cdot t_k \quad (74)$$

$$c_k = 0,942 + 0,00025 \cdot 1820 = 1,397 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$Q_{\text{мат}} = 4750(1,397 \cdot 1820 - 0,947 \cdot 20) = 4750(2542,54 - 18,94) = 11987100 \text{ кДж/час}$$

Тепло на испарение влаги определяется по формуле (75),  $Q_{\text{исп}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{исп}} = [2500 + 1,967(t_{\text{yx}} - t_{\text{нм}})] \cdot W \quad (75)$$

где  $t_{\text{yx}}$  – температура отходящих газов их печи, °С  $t_{\text{yx}}=200$  °С

$t_{\text{нм}}$  – температура начальная материала, °С  $t_{\text{нм}}=20$  °С

2500 – скрытая теплота парообразования, кДж/кг

1,967 – теплоемкость воды, кДж/кг · град

$W$  – количество испаряемой влаги определяется по формуле (76), кг/час

$$W = Q_{\text{час}} \frac{\omega}{100 - \omega}, \quad (76)$$

где  $\omega$  – относительная влажность сырца, поступаемого в печь, %  $\omega=2\%$

$$W = 4750 \frac{2}{100 - 2} = 96,94 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{исп}} = [2500 + 1,967(200 - 20)] \cdot 96,94 = 276672,58 \text{ кДж/час}$$

Тепло, уносимое с уходящими дымовыми газами определяется по формуле (77),  $Q_{\text{дым}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{дым}} = V_{\text{дым}} \cdot i_{\text{дым}} \quad (77)$$

$$V_{\text{дым}} = B [V_0 + (\alpha_{\text{общ}} - 1) \cdot L_0], \quad (78)$$

где  $\alpha_{\text{общ}} = 3$  – коэффициент избытка воздуха на горение с учетом подсосов через не плотности

$$V_0 = V_{\alpha} - L_{\text{изб}} \quad (79)$$

$$L_{\text{изб}} = L_{\alpha} - L_0 \quad (80)$$

$$L_{\text{изб}} = 11,51 - 9,59 = 1,92 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_0 = 12,76 - 1,92 = 10,84 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$V_{\text{дым}} = B [10,84 + (3 - 1) \cdot 9,59] = 30,02 \cdot B$$

$$Q_{\text{дым}} = 30,02 \cdot B \cdot 275,5 = 8270,51 \cdot B \text{ кДж/час}$$

Тепло от химической неполноты горения определяется по формуле (81),  $Q_{\text{хим}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{хим}} = 29 \cdot \text{СО} \cdot V_{\alpha} \cdot B, \quad (81)$$

где  $\text{СО} = 1\%$

29 – пересчет плотности на проценты

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$Q_{\text{хим}} = 29 \cdot 1 \cdot 12,76 \cdot V = 370,04 \cdot V \text{ кДж/час}$$

Тепло на нагрев транспортирующих средств определяется по формуле (82),  $Q_{\text{тр}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{тр}} = G_1(c'_k \cdot t'_k - c'_n \cdot t'_n) + G_2(c''_k \cdot t''_k - c''_n \cdot t''_n) + G_3(c'''_k \cdot t'''_k - c'''_n \cdot t'''_n) \quad (82)$$

где  $G_1, G_2, G_3$  – масса каждого слоя футеровки вагона определяется по формуле (83), кг/час

$$G = l \cdot b \cdot S \cdot \rho \cdot v, \quad (83)$$

где  $l$  – длина вагона, м  $l=3\text{м}$

$b$  – ширина вагона, м  $b=3,1\text{м}$

$S$  – толщина каждого слоя футеровки, м

$\rho$  – плотность материала футеровки, кг/м<sup>3</sup>

$v$  – скорость проталкивания вагонов, ваг/час

$c_k, c_n$  – теплоемкости материала каждого слоя футеровки, взятые при конечной и начальной температуре материала, кДж/кг · град

$t_k, t_n$  – конечная и начальная температура каждого слоя, °С

Футеровка пода туннельной печи представлена на рисунке 5.2



Рисунок 5.2 – Футеровка пода туннельной печи

$$t'_n, t''_n, t'''_n = 20^{\circ}\text{C}$$

$$t'_k, t''_k, t'''_k = t_{\text{ср. слоя}}$$

$$t'_k = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{1820 + 1420}{2} = 1620^{\circ}\text{C}$$

$$t''_k = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{1420 + 600}{2} = 1010^{\circ}\text{C}$$

$$t'''_k = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{600 + 60}{2} = 330^{\circ}\text{C}$$

$$c'_k = 0,754 + 0,00015 \cdot t'_k$$

$$c'_k = 0,754 + 0,00015 \cdot 1620 = 0,997 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c'_n = 0,754 + 0,00015 \cdot t'_n$$

$$c'_n = 0,754 + 0,00015 \cdot 20 = 0,757 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c''_k = 0,837 + 0,00064 \cdot t''_k$$

$$c''_k = 0,837 + 0,00064 \cdot 1010 = 1,483 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c''_n = 0,837 + 0,00064 \cdot t''_n$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$c''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot 20 = 0,849 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c'''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot t'''_K$$

$$c'''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot 330 = 1,048 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c'''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot t'''_H$$

$$c'''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot 20 = 0,849 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$G_1 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,13 \cdot 0,83 \cdot 2800 = 2900,352 \text{ кг/час}$$

$$G_2 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,44 \cdot 0,83 \cdot 1200 = 4207,104 \text{ кг/час}$$

$$G_3 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,1 \cdot 0,83 \cdot 1000 = 796,8 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{тр}} = 290,352(0,997 \cdot 1620 - 0,757 \cdot 20) + 4207,104(1,483 \cdot 1010 - 0,849 \cdot 20) + 796,8(1,048 \cdot 330 - 0,849 \cdot 20) = 464564,8 + 6230089,96 + 262035,648$$

$$Q_{\text{тр}} = 6956689 \text{ кДж/час}$$

Потери тепла в окружающую среду определяется по формуле (84),  $Q_{\text{окт}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot F (t_r - t_b)}{\frac{1}{\alpha_r} + \sum \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_b}} \quad (84)$$

где  $F$  – площадь,  $\text{м}^2$

$t_r$  – температура газа,  $^{\circ}\text{C}$

$t_b$  – температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$

$S$  – толщина слоя,  $\text{м}$

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности  $\text{Вт/м} \cdot \text{град}$

$\alpha_b$  – коэффициент теплоотдачи от окружающей поверхности печи в окружающий воздух,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$

$$\alpha_b = 15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$$

$\alpha_r$  – коэффициент теплоотдачи от печных газов к стенкам внутри рабочего пространства,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$

$$\alpha_r = 10 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$$

$\sum \frac{S}{\lambda}$  – сумма тепловых сопротивлений отдельных слоев кладки

Потери тепла в окружающую среду через стены приведены на рисунке 5.3  
1 участок

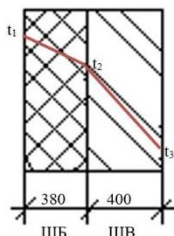


Рисунок 5.3 – Футеровка стенок туннельной печи зоны подогрева и обжига на 1 участке



$$L = 15 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 15 \text{ м}^2$$

$$t_r = 255^\circ\text{C}$$

$$t_b = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{255 + 20}{2} = 137,5^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{255 + 137,5}{2} = 196,25^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{196,25 + 137,5}{2} = 166,88^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_b + t_{cp}}{2} = \frac{20 + 137,5}{2} = 78,75^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{196,25 + 166,88}{2} = 181,57^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{166,88 + 78,75}{2} = 122,82^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 181,57 = 0,816 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,35 + 0,00035 \cdot 122,82 = 0,393 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 15 (255 - 20) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,38}{0,816} + \frac{0,4}{0,393} + \frac{1}{15}} = \frac{12690 \cdot 2}{0,1 + 0,466 + 1,0178 + 0,067} = \frac{25380}{1,651} = 15372 \text{ кДж/час}$$

2 участок

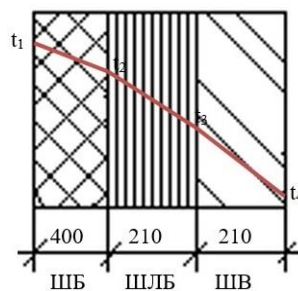


Рисунок 5.4 – Футеровка стенок туннельной печи зоны подогрева и обжига на 2 участке

$$L = 15 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 15 \text{ м}^2$$

$$t_r = 585^\circ\text{C}$$

$$t_b = 25^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{585 + 25}{2} = 305^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{585 + 305}{2} = 445^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{445 + 305}{2} = 375 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{375 + 305}{2} = 340 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{25 + 305}{2} = 165 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{445 + 375}{2} = 410 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{375 + 340}{2} = 357,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{340 + 165}{2} = 252,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 410 = 0,962 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,61 + 0,00018 \cdot 375,5 = 0,678 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_3 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 0,35 + 0,00035 \cdot 252,5 = 0,438 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 15 (585 - 25) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,4}{0,962} + \frac{0,21}{0,678} + \frac{0,21}{0,438} + \frac{1}{15}} = \frac{30240 \cdot 2}{0,1 + 0,418 + 0,309 + 0,479 + 0,067} = \frac{60480}{1,371} = 44112 \text{ кДж/час}$$

3 участок

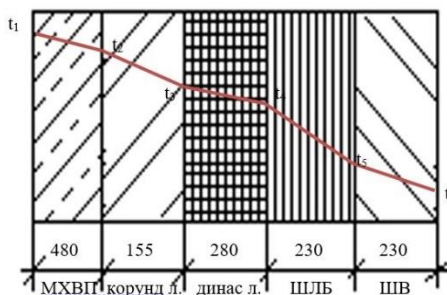


Рисунок 5.5 – Футеровка стенок туннельной печи зоны подогрева и обжига на 3 участке

$$L = 30 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 30 \text{ м}^2$$

$$t_r = 1135 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_B}{2} = \frac{1135 + 25}{2} = 580 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{1135 + 580}{2} = 857,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{857,5 + 580}{2} = 718,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{718,75 + 580}{2} = 649,38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_3 + t_{cp}}{2} = \frac{649,38 + 580}{2} = 614,69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_5 = \frac{t_4 + t_{cp}}{2} = \frac{614,69 + 580}{2} = 597,34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_6 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{25 + 580}{2} = 302,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{857,5 + 718,75}{2} = 788,125 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{718,75 + 649,38}{2} = 684,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{649,38 + 614,69}{2} = 632,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp4} = \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{614,69 + 597,34}{2} = 606,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp5} = \frac{t_5 + t_6}{2} = \frac{597,34 + 302,5}{2} = 451,92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot 788,125 = 2,028 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 2,1 + 0,00215 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 2,1 + 0,00215 \cdot 684,07 = 3,571 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_3 = 0,58 + 0,00043 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 0,58 + 0,00043 \cdot 632,03 = 0,852 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_4 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp4}$$

$$\lambda_4 = 0,61 + 0,00018 \cdot 606,01 = 0,719 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_5 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp5}$$

$$\lambda_5 = 0,35 + 0,00035 \cdot 451,92 = 0,508 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{окт} = \frac{3,6 \cdot 30 (1135 - 25) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,48}{2,028} + \frac{0,155}{3,571} + \frac{0,28}{0,852} + \frac{0,230}{0,719} + \frac{0,23}{0,508} + \frac{1}{15}} = \frac{119880 \cdot 2}{0,1 + 0,237 + 0,043 + 0,329 + 0,319 + 0,452 + 0,067} =$$

$$= \frac{239760}{1,547} = 154983 \text{ кДж/час}$$

									18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						54

4 участок

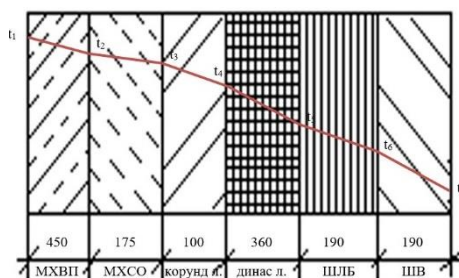


Рисунок 5.6 – Футеровка стенок туннельной печи зоны подогрева и обжига на 4 участке

$$L = 21 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 21 \text{ м}^2$$

$$t_r = 1690^{\circ}\text{C}$$

$$t_B = 35^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_B}{2} = \frac{1690 + 35}{2} = 862,5^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{1690 + 862,50}{2} = 1276,25^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{1276,25 + 862,50}{2} = 1069,38^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{1069,38 + 862,5}{2} = 965,94^{\circ}\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_3 + t_{cp}}{2} = \frac{965,94 + 862,5}{2} = 914,22^{\circ}\text{C}$$

$$t_5 = \frac{t_4 + t_{cp}}{2} = \frac{914,22 + 862,5}{2} = 888,36^{\circ}\text{C}$$

$$t_6 = \frac{t_5 + t_{cp}}{2} = \frac{888,36 + 862,5}{2} = 875,43^{\circ}\text{C}$$

$$t_7 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{35 + 580}{2} = 446,25^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{1276,25 + 1069,38}{2} = 1172,81^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{1069,38 + 965,94}{2} = 1017,66^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{965,94 + 914,22}{2} = 940,08^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp4} = \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{914,22 + 888,36}{2} = 901,29^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp5} = \frac{t_5 + t_6}{2} = \frac{888,36 + 875,43}{2} = 881,89^{\circ}\text{C}$$

$$t_{cp6} = \frac{t_6 + t_7}{2} = \frac{875,43 + 446,25}{2} = 660,84^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot 1172,81 = 1,651 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 2,0 - 0,00035 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 2,0 - 0,00035 \cdot 1017,66 = 1,644 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_3 = 2,1 + 0,00215 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 2,1 + 0,00215 \cdot 940,08 = 4,121 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_4 = 0,58 + 0,00043 \cdot t_{cp4}$$

$$\lambda_4 = 0,58 + 0,00043 \cdot 901,29 = 0,968 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_5 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp5}$$

$$\lambda_5 = 0,61 + 0,00018 \cdot 881,89 = 0,768 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_6 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp6}$$

$$\lambda_6 = 0,35 + 0,00035 \cdot 660,84 = 0,581 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 15 (1690 - 35) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,45}{1,651} + \frac{0,175}{1,644} + \frac{0,1}{4,121} + \frac{0,360}{0,968} + \frac{0,19}{0,768} + \frac{0,19}{0,581} + \frac{1}{15}} =$$

$$= \frac{125118 \cdot 2}{0,1 + 0,272 + 0,106 + 0,024 + 0,372 + 0,247 + 0,327 + 0,067} = \frac{250236}{1,515} = 16172 \text{ кДж/час}$$

Потери в окружающую среду через свод  
1 участок

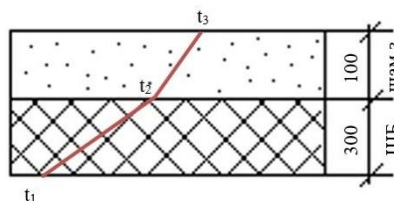


Рисунок 5.7 – Футеровка свода туннельной печи в зоне подогрева и обжига на 1 участке

$$L = 60 \text{ м}$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 192 \text{ м}^2$$

$$t_r = 895^\circ\text{C}$$

$$t_b = 40^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{895 + 40}{2} = 467,5^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{895 + 467,5}{2} = 681,25^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{681,25 + 467,5}{2} = 574,38^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{40 + 467,5}{2} = 253,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{681,25 + 574,38}{2} = 627,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{574,38 + 253,75}{2} = 414,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 627,81 = 1,102 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot 122,82 = 0,216 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{окт} = \frac{3,6 \cdot 192 (895 - 40)}{\frac{1}{10} + \frac{0,3}{1,102} + \frac{0,1}{0,216} + \frac{1}{15}} = \frac{590976}{0,1 + 0,272 + 0,462 + 0,067} = \frac{590976}{0,8} = 738720 \text{ кДж/час}$$

2 участок

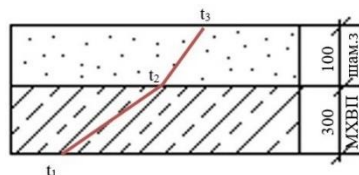


Рисунок 5.8 – Футеровка свода туннельной печи в зоне подогрева и обжига на 2 участке

$$L = 21 \text{ м}$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 67,2 \text{ м}^2$$

$$t_r = 1790 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_B = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_B}{2} = \frac{1790 + 50}{2} = 920 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{920 + 1790}{2} = 1355 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{1355 + 920}{2} = 1137,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{50 + 920}{2} = 485 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{1355 + 1137,5}{2} = 1246,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{1137,5 + 485}{2} = 811,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot 1246,5 = 1,579 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot 811,25 = 0,327 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 67,2 (1790 - 50)}{\frac{1}{10} + \frac{0,3}{1,579} + \frac{0,1}{0,327} + \frac{1}{15}} = \frac{420940,8}{0,1 + 0,189 + 0,306 + 0,067} = \frac{420940,8}{0,662} = 635862 \text{ кДж/час}$$

$$\Sigma Q_{\text{окр}} = 15372 + 44112 + 154983 + 165172 + 738720 + 635862 = 1754221 \text{ кДж/час}$$

$$\Sigma Q_{\text{прих}} = \Sigma Q_{\text{расх}}$$

$$36\,702 \cdot B + 12\,976 \cdot B = 11987100 + 276672,58 + 8270,51 \cdot B + 370,04 \cdot B + 6956689 + 1754221$$

$$49678 \cdot B = 20974682,58 + 8640,55 \cdot B$$

$$41037,45 \cdot B = 2094682,58$$

$$B = 511,1 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Расход условного топлива определяется по формуле (85),  $V_{\text{усл}}$ , кг·усл.т/час

$$V_{\text{усл}} = \frac{B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}}}{29300} \quad (85)$$

$$V_{\text{усл}} = \frac{511,1 \cdot 36702}{29300} = 640,22 \text{ кг·усл.т/час}$$

Процент условного топлива определяется по формуле (86),  $V_{\text{усл}}$ , %

$$V_{\text{усл}} = \frac{V_{\text{усл}} \cdot 100}{Q_{\text{час}}} \quad (86)$$

$$V_{\text{усл}} = \frac{640,22 \cdot 100}{4750} = 13,5\%$$

Таблица 5.4 – Тепловой баланс туннельной печи. Зоны подогрева и обжига

Приход	Значение	%	Расход	Значение	%
Физическое тепло топлива, $Q_{\text{топ}}$	18758392,2	74	Тепло на нагрев материала, $Q_{\text{мат}}$	11 987 100	47
Тепло, вносимое подогретым воздухом, $Q_{\text{воз}}$	6632033,6	26	Тепло на испарение влаги, $Q_{\text{исп}}$	276 672,58	1,09
			Тепло, уносимое с уходящими дымовыми газами, $Q_{\text{дым}}$	4 227 057,66	16,64
			Тепло от химической неполноты горения, $Q_{\text{хим}}$	189 127,44	0,74
			Тепло на нагрев транспортирующих средств, $Q_{\text{тр}}$	6 956 689	27,4
			Потери тепла в окружающую среду, $Q_{\text{окр}}$	17 54 221	6,91
			Невязка	-441,88	-0,001
Итого	25390425,8		Итого	25390425,8	

18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ

Лист

58

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Тепловой баланс зоны охлаждения

Приход тепла

Тепло вносимое нагретыми изделиями определяется по формуле (87),  $Q_{\text{мат}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{мат}} = Q_{\text{час}} (c_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}} - c_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}}), \quad (87)$$

где  $t_{\text{к}}$  – конечная температура материала,  $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{н}}$  – температура материала после обжига перед охлаждением,  $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{н}} = t_{\text{обж}}$$

$c_{\text{н}}, c_{\text{к}}$  – теплоемкости материала при начальной и конечной температурах,  $^{\circ}\text{C}$

$$c_{\text{н}} = 0,942 + 0,00025 \cdot t_{\text{н}}$$

$$c_{\text{н}} = 0,942 + 0,00025 \cdot 1820 = 1,397 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c_{\text{к}} = 0,942 + 0,00025 \cdot t_{\text{к}}$$

$$c_{\text{к}} = 0,942 + 0,00025 \cdot 60 = 0,957 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$Q_{\text{мат}} = 4750(1,397 \cdot 1820 - 0,957 \cdot 60) = 4750(2542,54 - 57,42) = 11804320 \text{ кДж/час}$$

Тепло вносимое транспортирующими устройствами определяется по формуле (88),  $Q_{\text{тр}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{тр}} = G_1(c'_{\text{н}} \cdot t'_{\text{н}} - c'_{\text{к}} \cdot t'_{\text{к}}) + G_2(c''_{\text{н}} \cdot t''_{\text{н}} - c''_{\text{к}} \cdot t''_{\text{к}}) + G_3(c'''_{\text{н}} \cdot t'''_{\text{н}} - c'''_{\text{к}} \cdot t'''_{\text{к}}), \quad (88)$$

где  $G_1, G_2, G_3$  – масса каждого слоя футеровки вагона, кг/час

$$G = l \cdot b \cdot S \cdot \rho \cdot v$$

где  $l$  – длина вагона, м  $l=3\text{м}$

$b$  – ширина вагона, м  $b=3,1\text{м}$

$S$  – толщина каждого слоя футеровки, м

$\rho$  – плотность материала футеровки,  $\text{кг/м}^3$

$v$  – скорость проталкивания вагонов, ваг/час

$c_{\text{к}}, c_{\text{н}}$  – теплоемкости материала каждого слоя футеровки, взятые при конечной и начальной температуре материала, кДж/кг · град

$t_{\text{к}}, t_{\text{н}}$  – конечная и начальная температура каждого слоя,  $^{\circ}\text{C}$

$$t'_{\text{н}} = 1620 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t''_{\text{н}} = 1010 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t'''_{\text{н}} = 330 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t'_{\text{к}}, t''_{\text{к}}, t'''_{\text{к}} = t_{\text{ср. слоя}}$$

$$t'_{\text{к}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{40 + 30}{2} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t''_{\text{к}} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{35 + 30}{2} = 32,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t'''_{\text{к}} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{30 + 20}{2} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c'_{\text{к}} = 0,754 + 0,00015 \cdot t'_{\text{к}}$$

$$c'_{\text{к}} = 0,754 + 0,00015 \cdot 35 = 0,759 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59



$$c'_H = 0,754 + 0,00015 \cdot t'_H$$

$$c'_H = 0,754 + 0,00015 \cdot 1620 = 0,997 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot t''_K$$

$$c''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot 32,5 = 0,858 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot t''_H$$

$$c''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot 1010 = 1,483 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c'''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot t'''_K$$

$$c'''_K = 0,837 + 0,00064 \cdot 25 = 0,853 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c'''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot t'''_H$$

$$c'''_H = 0,837 + 0,00064 \cdot 330 = 1,048 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$G_1 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,13 \cdot 0,83 \cdot 2800 = 2900,352 \text{ кг/час}$$

$$G_2 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,44 \cdot 0,83 \cdot 1200 = 4207,104 \text{ кг/час}$$

$$G_3 = 3 \cdot 3,2 \cdot 0,1 \cdot 0,83 \cdot 1000 = 796,8 \text{ кг/час}$$

$$Q_{\text{тр}} = 290,352(0,997 \cdot 1620 - 0,759 \cdot 35) + 4207,104(1,483 \cdot 1010 - 0,858 \cdot 32,5) + 796,8(1,048 \cdot 330 - 0,853 \cdot 25) = 461245,9 + 6184211,4 + 258573,55$$

$$Q_{\text{тр}} = 6904030,9 \text{ кДж/час}$$

Расход тепла

Потери тепла в окружающую среду,  $Q_{\text{окр}}$ , кДжчас

1 участок

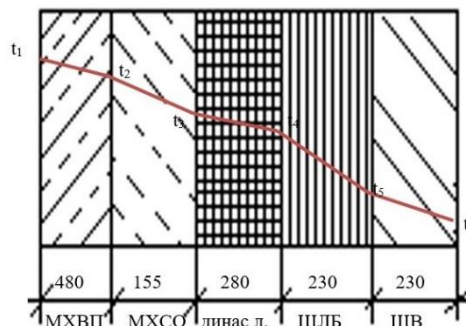


Рисунок 5.9 – Футеровка стенок туннельной печи в зоне охлаждения на 1 участке

$$L = 30 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 30 \text{ м}^2$$

$$t_r = 1315^\circ\text{C}$$

$$t_b = 25^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{1315 + 25}{2} = 670^\circ\text{C}$$

$$t_l = \frac{t_r + t_{\text{cp}}}{2} = \frac{1315 + 670}{2} = 992,5^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{992,5 + 670}{2} = 831,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{831,25 + 670}{2} = 750,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_3 + t_{cp}}{2} = \frac{750,63 + 670}{2} = 710,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_5 = \frac{t_4 + t_{cp}}{2} = \frac{710,31 + 670}{2} = 690,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_6 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{25 + 670}{2} = 347,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{992,5 + 831,25}{2} = 911,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{831,25 + 750,63}{2} = 752,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{750,63 + 710,31}{2} = 730,47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp4} = \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{710,31 + 690,16}{2} = 700,24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp5} = \frac{t_5 + t_6}{2} = \frac{690,16 + 347,5}{2} = 518,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot 911,88 = 1,906 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 2,0 - 0,00035 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 2,0 - 0,00035 \cdot 752,63 = 1,737 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_3 = 0,58 + 0,00043 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 0,58 + 0,00043 \cdot 730,47 = 0,894 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_4 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp4}$$

$$\lambda_4 = 0,61 + 0,00018 \cdot 700,24 = 0,736 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_5 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp5}$$

$$\lambda_5 = 0,35 + 0,00035 \cdot 347,5 = 0,532 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{окт} = \frac{3,6 \cdot 30 (1315 - 25) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,48}{1,906} + \frac{0,16}{1,737} + \frac{0,375}{0,894} + \frac{0,18}{0,736} + \frac{0,18}{0,532} + \frac{1}{15}} = \frac{278640}{0,1 + 0,252 + 0,092 + 0,419 + 0,245 + 0,338 + 0,067} =$$

$$= \frac{278640}{1,547} = 183799 \text{ кДж/час}$$

										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							61

2 участок

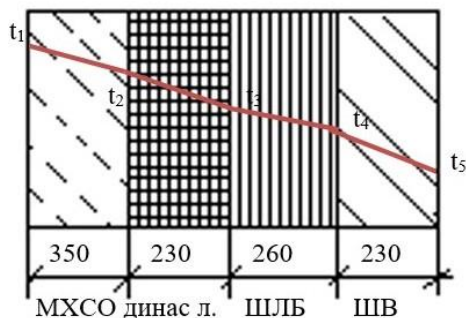


Рисунок 5.10 – Футеровка стенок туннельной печи в зоне охлаждения на 2 участке

$$L = 12 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 12 \text{ м}^2$$

$$t_r = 820^\circ\text{C}$$

$$t_b = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{820 + 20}{2} = 420^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{820 + 420}{2} = 620^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{620 + 420}{2} = 520^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{520 + 420}{2} = 470^\circ\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_3 + t_{cp}}{2} = \frac{470 + 420}{2} = 445^\circ\text{C}$$

$$t_5 = \frac{t_b + t_{cp}}{2} = \frac{20 + 420}{2} = 220^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{620 + 520}{2} = 570^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{520 + 470}{2} = 495^\circ\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{470 + 445}{2} = 457,5^\circ\text{C}$$

$$t_{cp4} = \frac{t_4 + t_5}{2} = \frac{445 + 220}{2} = 332,5^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,0 - 0,00035 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,0 - 0,00035 \cdot 570 = 1,801 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,58 + 0,00043 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,58 + 0,00043 \cdot 495 = 0,238 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_3 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 0,61 + 0,00018 \cdot 457,5 = 0,692 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_4 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp4}$$

$$\lambda_4 = 0,35 + 0,00035 \cdot 332,5 = 0,466 \text{ Вт/м·град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 30 (820 - 20) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,35}{1,801} + \frac{0,23}{0,238} + \frac{0,26}{0,692} + \frac{0,230}{0,466} + \frac{1}{15}} = \frac{69120}{0,1 + 0,194 + 0,966 + 0,376 + 0,494 + 0,067} = \frac{69120}{2,197} =$$

$$Q_{\text{окт}} = 31461 \text{ кДж/час}$$

3 участок

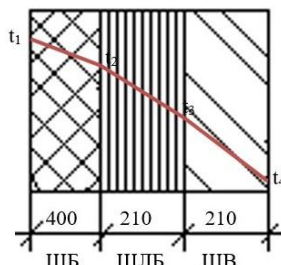


Рисунок 5.11 – Футеровка стенок туннельной печи в зоне охлаждения на 3 участке

$$L = 12 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 12 \text{ м}^2$$

$$t_r = 560^\circ\text{C}$$

$$t_b = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{560 + 20}{2} = 290^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{560 + 290}{2} = 425^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{425 + 290}{2} = 357,5^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_2 + t_{cp}}{2} = \frac{357,5 + 290}{2} = 323,75^\circ\text{C}$$

$$t_4 = \frac{t_b + t_{cp}}{2} = \frac{20 + 290}{2} = 155^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{425 + 357,5}{2} = 391,25^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{357,5 + 323,75}{2} = 340,63^\circ\text{C}$$

$$t_{cp3} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{323,75 + 155}{2} = 239,38^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 391,25 = 0,95 \text{ Вт/м·град}$$

$$\lambda_2 = 0,61 + 0,00018 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,61 + 0,00018 \cdot 340,63 = 0,671 \text{ Вт/м·град}$$

$$\lambda_3 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp3}$$

$$\lambda_3 = 0,35 + 0,00035 \cdot 239,38 = 0,433 \text{ Вт/м·град}$$

$$Q_{окт} = \frac{3,6 \cdot 12 (560 - 20) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,4}{0,962} + \frac{0,21}{0,678} + \frac{0,21}{0,438} + \frac{1}{15}} = \frac{46656}{0,1 + 0,42 + 0,312 + 0,484 + 0,067} = \frac{46656}{1,384} = 33710 \text{ кДж/час}$$

4 участок

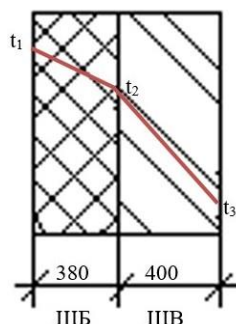


Рисунок 5.12 – Футеровка стенок туннельной печи в зоне охлаждения на 4 участке

$$L = 21 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 21 \text{ м}^2$$

$$t_r = 230^\circ\text{C}$$

$$t_b = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{230 + 20}{2} = 125^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{230 + 125}{2} = 177,5^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{177,5 + 125}{2} = 151,25^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_b + t_{cp}}{2} = \frac{20 + 125}{2} = 72,5^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{177,5 + 151,25}{2} = 164,38^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{151,25 + 72,5}{2} = 111,88^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 164,38 = 0,805 \text{ Вт/м·град}$$

$$\lambda_2 = 0,35 + 0,00035 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,35 + 0,00035 \cdot 111,88 = 0,389 \text{ Вт/м·град}$$

$$Q_{окт} = \frac{3,6 \cdot 21 (230 - 20) \cdot 2}{\frac{1}{10} + \frac{0,38}{0,805} + \frac{0,4}{0,389} + \frac{1}{15}} = \frac{31752}{0,1 + 0,472 + 1,028 + 0,067} = \frac{31752}{1,667} = 19047 \text{ кДж/час}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Потери тепла через свод  
1 участок

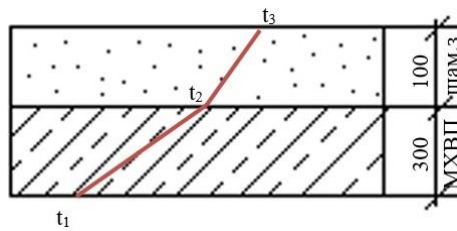


Рисунок 5.13 – Футеровка свода туннельной печи в зоне охлаждения 1 участок

$$L = 33 \text{ м}$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 105,6 \text{ м}^2$$

$$t_r = 1410^\circ\text{C}$$

$$t_B = 50^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_B}{2} = \frac{1410 + 50}{2} = 730^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{1410 + 730}{2} = 1070^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{1070 + 730}{2} = 900^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_B + t_{cp}}{2} = \frac{50 + 730}{2} = 390^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{1070 + 900}{2} = 985^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{900 + 390}{2} = 645^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 2,8 - 0,00098 \cdot 985 = 1,834 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot 645 = 0,281 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 105,6 (1410 - 50)}{\frac{1}{10} + \frac{0,3}{1,579} + \frac{0,1}{0,327} + \frac{1}{15}} = \frac{517017}{0,1 + 0,164 + 0,355 + 0,067} = \frac{517017}{0,687} = 752682 \text{ кДж/час}$$

2 участок

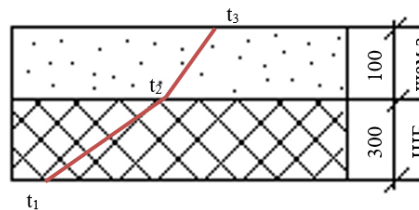


Рисунок 5.14 – Футеровка свода туннельной печи в зоне охлаждения 2 участок

$$L = 14 \text{ м}$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$F = L \cdot h = 44,8 \text{ м}^2$$

$$t_r = 555^\circ\text{C}$$

$$t_b = 40^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = \frac{t_r + t_b}{2} = \frac{555 + 40}{2} = 297,5^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_r + t_{cp}}{2} = \frac{555 + 297,5}{2} = 426,25^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \frac{t_1 + t_{cp}}{2} = \frac{426,25 + 297,5}{2} = 361,88^\circ\text{C}$$

$$t_3 = \frac{t_b + t_{cp}}{2} = \frac{40 + 297,5}{2} = 168,75^\circ\text{C}$$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{426,25 + 361,88}{2} = 394,06^\circ\text{C}$$

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{361,88 + 168,75}{2} = 265,32^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot t_{cp1}$$

$$\lambda_1 = 0,70 + 0,00064 \cdot 394,06 = 0,952 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot t_{cp2}$$

$$\lambda_2 = 0,10 + 0,00028 \cdot 265,32 = 0,174 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$$

$$Q_{\text{окт}} = \frac{3,6 \cdot 44,8 (555 - 40)}{\frac{1}{10} + \frac{0,3}{0,952} + \frac{0,1}{0,174} + \frac{1}{15}} = \frac{590976}{0,1 + 0,315 + 0,574 + 0,067} = \frac{590976}{1,057} = 78580 \text{ кДж/час}$$

$$\sum Q_{\text{окр}} = 183799 + 31461 + 33710 + 19047 + 752682 + 78580 = 1099279 \text{ кДж/час}$$

Тепло, затраченное на нагрев воздуха, подаваемого на сушку, определяется по формуле (89),  $Q_{\text{суш}}$ , кДж/час

$$Q_{\text{суш}} = V_{\text{воз}} \cdot i_{\text{воз}}, \quad (89)$$

где  $i_{\text{воз}}$  – теплосодержание воздуха, отбираемого на сушку, кДж/м<sup>3</sup>

$V_{\text{воз}}$  – объем воздуха, отбираемого на сушку, м<sup>3</sup>

при  $t = 200^\circ$

$$i_{\text{воз}} = 275,5 \text{ кДж/м}^3$$

$$Q_{\text{суш}} = V_{\text{воз}} \cdot 275,5 \text{ кДж/час}$$

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}}$$

$$11804320 + 6904030,9 = 1099279 + 275,5 \cdot V_{\text{воз}}$$

$$275,5 \cdot V_{\text{воз}} = 17609071,9$$

$$V_{\text{воз}} = 63917 \text{ м}^3$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Таблица 5.5 – Тепловой баланс туннельной печи. Зона охлаждения

Приход	Значение	%	Расход	Значение	%
Тепло вносимое нагретыми изделиями, $Q_{\text{мат}}$	11804320	63,1	Потери тепла в окружающую среду, $Q_{\text{окр}}$	1099279	5,9
Тепло, вносимое транспортирующими средствами, $Q_{\text{тр}}$	6904030,9	36,9	Тепло затраченное на нагрев воздуха подогреваемого на сушку, $Q_{\text{суш}}$	17609071,9	94,1
			Невязка	0	0
Итого	18708350,9		Итого	18708350,9	

Вывод: Таким образом, для обеспечения заданной годовой производительности на стадии термической обработки требуется природный газ Бугурусланского месторождения в количестве 63917  $\text{м}^3$ .



## 6 АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Использование машин, приборов, устройств, которые позволяют выполнять производственные процессы под контролем человека или с минимальным его участием называется автоматизацией производства.

Автоматизация производственного процесса освобождает человека от тяжелого ручного труда, повышает безопасность производства, качества продукции, а также эффективность производственного процесса и улучшает экологичность.

Автоматизация линии дозирования компонентов шихты

Система автоматизированного управления линией дозирования предназначена для повышения точности взвешивания компонентов шихты. Дозаторы дискретного действия производят взвешивание компонентов и разгрузку в смеситель для дальнейшего смешивания. Регулирование скорости загрузки дозаторов осуществляется за счет частотного регулирования скорости электроприводов шнековых питателей и вибропитателей трехфазными преобразователями частоты переменного тока. Шкаф контролера осуществляет все функции по управлению, регулированию, измерению и считыванию всех параметров системы. Передает информацию о работе линии дозирования при помощи подключения по сети Ethernet 10/100МВ к активному сетевому оборудованию. В шкафу контролера производится замена оборудования на более современное, для повышения производительности контролера. Устанавливается процессорный модуль на CPU 686Е производства фирмы Fastwel с предустановленными интерфейсами Ethernet 10/100Мб, для передачи технологической информации и Video, для отображения информации о работе линии дозирования на табло оператора. Производится замена модулей дискретного ввода/вывода, аналогового ввода и аналогового вывода. Для ввода дискретных сигналов с уровнем 24В используются панели ТВИ-24/0С. Для защиты цепей управления с уровнем ~220В устанавливаются клеммы с предохранителями производства фирмы WAGO.

Непосредственно на дозаторах дискретного действия и линии дозирования устанавливаются следующие датчики:

Бесконтактные датчики положения:

SQ3...SQ10 - контролирующие закрытое состояние дозаторов;

SQ13...SQ17 - контролирующие закрытое положение перехватывающих заслонок шнековых питателей;

SQ11, SQ12 – контролирующие положение клапанов жидкостного дозатора;

SQ1, SQ2 – контролирующие положение затвора смесителя. Тензометрические датчики F60X консольного типа взвешивают дозированный материал и передают сигнал на модули ввода сигнала с тензодатчика DSCA38-19 производства фирмы DATAFORTH.

						18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			68

### Автоматизация приготовления массы

Одним из наиболее сложных узлов для автоматизации является процесс приготовления массы, который состоит из целого ряда последовательных операций: точной весовой дозировки шихтовых материалов, равномерного увлажнения, выдачи готовой массы с целью своевременной подачи ее к питателю прессы.

Автоматизация приготовления массы в бегунах производится во времени с помощью командного прибора КЭП-12у. По этой схеме предусмотрены следующие блокировки:

- 1) электродвигатель смесителя не может включаться при отключенном вентиляторе;
- 2) электродвигатели питателей, командный прибор и вспомогательные электродвигатели не могут работать при отключенном главном электродвигателе бегунов;
- 3) пневмообрушение, или вибратор бункера, включается только при увеличении цикла дозировки соответствующих весов;
- 4) открывание затворов весов возможно только после отключения соответствующего питателя;
- 5) выгрузка массы из смесителя возможна лишь при условии, когда перед этим открылись оба затвора и заполнился бачок жидкой составляющей;
- 6) при переполнении бункера отключается ленточный транспортер массы с помощью контактов уровнемера;
- 7) КЭП отключается, если не состоялась загрузка одной из составляющих или если остановился ленточный транспортер массы.

Заданная программа работы бегунов с автоматическим управлением обеспечивается общим для всех механизмов командным электроприбором КЭП.

Для пуска бегунов нажимают кнопку, при этом срабатывает реле времени и подается звуковой сигнал. По истечении заданной выдержки включается реле дистанционного пуска линии смесительных бегунов, происходит последовательный запуск электроблокированных механизмов: вентилятора, элеватора, коржедробилки, конвейера массы.

Обо всех нарушениях процесса сигнализирует звонок. Автоматическая работа смесительных бегунов сопровождается зажиганием электрических ламп, соответствующих каждой операции сблокированной системы, благодаря чему имеется возможность наблюдать за правильностью работы и определять причину нарушения процесса при сигнальном звонке.

### Автоматизация регулирования засыпки на гидравлических прессах

Регулятор, предназначенный для регулирования засыпки на гидравлических прессах путем изменения глубины пресс-формы в зависимости от величины отклонения толщины прессуемого изделия от заданного значения.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

В зависимости от результатов измерения, производимого в момент прессования, регулятор изменяет глубину пресс-формы, находящейся в этот момент на позиции засыпки. Достигается это следующим образом. Сразу же после окончания предыдущей засыпки глубина пресс-формы на позиции засыпки задается равной той, что была в момент предыдущей засыпки, за вычетом постоянной величины А. В момент, когда прессование заканчивается, пуансон опускается на величину, равную разности А и умноженную на коэффициент сжатия алгебраической величины отклонения толщины изделия от номинальной. В результате глубина пресс-формы (а, следовательно, и величина засыпки) становится равной глубине, которая была в тот момент предыдущей засыпки, за вычетом алгебраической величины отклонения, умноженной на коэффициент сжатия [6].

Автоматизация туннельной печи

Назначение систем автоматизированного управления туннельной печи

Система автоматизированного управления туннельной печи предназначена для [7]: управления, контроля; регулирования; сигнализации.

Осуществляется местный контроль:

- температуры газа перед узлом отключения печи;
- температуры воздуха в коллекторе перед теплогенератором;
- давления в воздушном коллекторе на подаче в теплогенератор;
- давления, газа перед узлом отключения печи;
- давления газа перед горелкой;
- давления воздуха перед горелкой;
- давления газа после дросселя ЗСМ-30;
- разрежения в рабочем канале печи на стыках;
- разрежения перед дымососами.

Выполняется дистанционный контроль:

- температуры в рабочем канале печи на стыках;
- температуры горячего воздуха от теплогенератора
- температуры в дымопроводе отходящих дымовых газов;
- температуры в топке теплогенератора;
- разрежения в коллекторе дымовых газов над печью;
- давления в воздухопроводе существующей печи;
- расхода газа в газопроводе;
- расхода воздуха;
- расхода дымовых газов в дымопроводе.

Осуществляется автоматическое регулирование температуры в представительной точке зоны термообработки, в зоне охлаждения, горячего воздуха после теплогенератора.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Выполняется световая и звуковая сигнализация об отклонениях технологических параметров от нормы:

- температуры в топке теплогенератора;
- понижении и повышении давления в газопроводе на участке между горелкой теплогенератора и регулирующим дросселем;
- понижении давления первичного воздуха перед задвижкой, включающей горелку теплогенератора;
- понижении разрежения в рабочем канале печи и в дымопроводе перед клапаном дроссельным;
- погасании факела в топке теплогенератора;
- состояния клапанов аварийного и переключающего;
- давления в воздушном коллекторе существующей печи

Осуществляется автоматическое управление механизмами: дверью; толкателя загрузки-разгрузки; подъемниками загрузки-разгрузки [7].

Завершающим этапом является обжиг огнеупорных изделий. Он необходим для спекания, уплотнения и упрочнения изделий, благодаря ему достигается постоянство объема и стойкость изделий в последующей службе. Прочность и плотность изделий определяется всем технологическим процессом производства, но окончательно формулируется в процессе обжига.

Главное преимущество туннельной печи перед другими заключается в снижении затрат ручного труда на садку и выгрузку изделий, более высокой производительности агрегата при низких удельных расходах топлива и возможности автоматизировать управление процессов обжига.

В предложенной схеме (приложение Д) рассматриваются только узлы стабилизации давления газа в зонах подогрева, обжига и охлаждения печи. Поддержание заданной температуры в одной точке зоны обжига (поз.24-31), воздействует вторичный прибор 9б, 10б на общий расход газа в комплекте с радиационным термометром 9а, 10а. в зоне охлаждения (поз.41-52), температуру поддерживают щеточный переключатель 7а, а в зоне подогрева (поз.1-18), щеточный переключатель 6в в комплекте с милливольтметром 6в и термопарой 6а. Температуру отходящих газов тоже поддерживают щеточный переключатель 1б в комплекте с милливольтметром 1в и термопарой 1а. Стабилизация давления газа на горении осуществляется регулятором 11в в комплекте с указателем положения 11д, пускателем 11к и измерительным прибором 11а измеряющим давление газа на печь, вторичным прибором 11б и исполнительным механизмом 11е воздействующим на дроссельную заслонку, установленную в общем газопроводе печи. Регулирование подачи воздуха на форсунки в зоне горения, предусматривается автоматическая стабилизация расхода воздуха к сушилам (регулятор 14в, работающий в комплекте с приборами 14а, 14б, 14д, 14к и исполнительным механизмом 14е). Регулятор давления в канале печи 15в, работающий в комплекте с измерительным прибором – дифманометром 15а, указателем положения 15д, пускателем 15к, вторичным прибором 15б, поддерживают разность давления в канал печи на позиции 35, воздействуя своим исполнительным механизмом 15е на дроссельную заслонку на выходе из дымососа.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Автоматика газовой безопасности осуществляет отсечку природного газа. Отсечка природного газа автоматически отключается быстродействующим предохранительно-запорным клапаном, а также кнопками на месте и дистанционно на приборной панели КИП. [7] Отсечка природного газа происходит, если следующие параметры отклоняются от нормы:

- снижение давления газа ниже  $80 \text{ кгс/м}^2$ ;
- снижение давления воздуха на горение менее  $80 \text{ кгс/м}^2$ ;
- падения разряжения в печи ниже  $1 \text{ кгс/м}^2$ ;
- отключение электроэнергии.

Световая сигнализация предусмотрена при нарушении следующих параметров: снижение давления природного газа, воздуха; отсутствие разряжения в рабочем пространстве печи.

Табло световой сигнализации и звонок расположены на щитах КИП и А.

Вывод: автоматизация производства позволяет нам облегчить работу и контроль производства, а также повысить эффективность производственного процесса, качество продукции, ритмичности производства, безопасность.

									18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						72

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 7.1 Негативные факторы и меры защиты от их воздействия

Постоянно действующими опасными и вредными производственными факторами, оказывающими различное влияние на организм человека, являются: движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовок, материалы; острые кромки заусеницы, на поверхности заготовок, инструментов и оборудования; шум; повышенная температура воздуха; недостаточная освещенность рабочей зоны; запыленность; загазованность; повышенное содержание фенола; возможность ожога кислотой; вибрации; сквозняки [8].

К числу опасных производственных факторов необходимо отнести следующие [8]:

- возможность поражения электрическим током при работе и обслуживании оборудования (пресс, смеситель, дозатор) по ГОСТ 12.1.019–79;
- движущиеся машины и механизмы, их подвижные части (мостовые краны, ленточные конвейера, пресса) согласно ГОСТ 12.2.003–74;
- опасность ожога кислотой при приготвлении мертеля и зарядки аккумуляторов;
- работа внутри цехового транспорта при перемещении материалов и готовых изделий (электропогрузчиков, электролафетов, мостовых кранов);
- повышенная температура возле работающей печи ГОСТ 12.4.050–78.

К вредным производственным факторам необходимо отнести следующие:

- повышенная запыленность при сухих способах переработки и из-за наличия пересыпных устройств (кюбелей, бункеров, лент) по ГОСТ 12.4.005-88;
- повышенный шум от работы прессов согласно ГОСТ 212.2.003-76;
- повышенное содержание фенол, образующегося при испарении бакелита по ГОСТ 12.1.005-76;
- повышенное содержание аэрозолей при работе сверлильных и шлифовальных станков согласно ГОСТ 12.1.005-76;
- пониженная освещенность рабочей зоны согласно ГОСТ 12.1.046-85.

Оборудование перечисленное, кроме печного вагона, с напряжением до 1000В.

Наибольшее приложение силы приходится на участке сортировке изделий. Также рабочие основных профессий характеризуются нагрузками от длительного хождения при обслуживании смесителей, ленточных конвейеров, кран-балки.

Допуски к подъему и перемещению тяжестей на производстве:

- для женщин, при чередовании с другой работой и при подъеме на высоту более 1,5 метров – 7 килограмм;
- для мужчин груз не должен превышать 80 кг.

Согласно НПБ 105-95 наше проектируемое производство относится к категории пожароопасное – Б, так как в нем задействованы природный газ, продукты горения СО, NO<sub>2</sub> и периклазовый порошок (туннельная печь).

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Проблема безопасности труда на предприятии решается следующим образом:

- обеспечение рациональной организации производства и труда;
- создание безопасной техники;
- использование технических средств для обеспечения безопасности;
- обеспечение благоприятных санитарно-гигиенических и эргономических условий труда;
- проведение учебно-воспитательной работы по охране труда.

Важным условием успеха является комплексное осуществление перечисленных положений.

Потенциальная опасность поражения электрическим током существует на всех участках огнеупорного производства. Наиболее часто встречающиеся причины: неисправность оборудования, несвоевременное проведение ремонтов и профилактических испытаний.

На ДПИ Магнезит применяют аппараты и приборы в закрытых корпусах, закрытые комплексные устройства. Все эти аппараты, приборы и устройства снабжены блокировками, предотвращающими доступ к частям, находящимся под напряжением. В процессе эксплуатации электроустановок периодически производится плановый профилактический ремонт, а также испытания изоляций электрических машин, кабелей, аппаратов, внутренних электросетей, релейной защиты. Строго соблюдаются меры, предписываемые Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок. В соответствии с системой ССБТ установлены общие требования безопасности. С этой целью используют:

- изоляцию (рабочую, дополнительную, двойную, усиленную) токоведущих частей;
- малое напряжение в электрических цепях переменного тока, не превышающее 42В и постоянного не свыше 110В;
- оболочки для предотвращения возможности случайного прикосновения к тока ведущим частям;
- блокировки для предотвращения ошибочных действий и операций;
- экраны и другие средства защиты от опасного и вредного воздействия электромагнитных полей, теплового, оптических и рентгеновских излучений;
- элементы, предназначенные для контроля изоляции и сигнализации о ее повреждении, а также для отключения установок при уменьшении сопротивления изоляции ниже допустимого уровня;
- предупредительные надписи, знаки, окраска в специальные цвета и другие средства сигнализации об опасности (только в сочетании с другими средствами обеспечения безопасности) [9].

Для защиты работающих от поражения электрическим током применяют различные защитные приспособления, приборы и инструменты (штанги, клещи, указатели напряжения, изолирующие подставки, диэлектрические перчатки, галоши и боты, резиновые коврики). Проблема создания нормальных метеорологических условий труда успешно решается с использованием мероприятий по борьбе с конвекционным и лучистым теплом.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

К ним относятся: уменьшение тепловыделений, аэрации, применение приточной обдувающей вентиляции и кондиционирование воздуха, защита работающих от теплоизлучения, применение индивидуальных средств защиты.

Активно используется аэрация. Высокая эффективность аэрации объясняется возможностью пропускать через цех большое количество свежего наружного воздуха, чего практически невозможно достичь при искусственной вентиляции.

Обеспечение нормальных метеорологических условий и чистоты воздуха на рабочих местах во многом зависит от правильно организованной системы вентиляции. Общие требования к системам вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления производственных, складских, вспомогательных и общественных зданий и сооружений определены ГОСТ 12.4.021-75 ССБТ. Основные требования ГОСТ: работа систем вентиляции должна создавать метеорологические условия и чистый воздух в соответствии с действующими санитарными нормами на постоянных рабочих местах, в рабочих зонах и в обслуживаемых помещениях. В соответствии с ГОСТ во всех помещениях должна быть обеспечена естественная вентиляция. Естественное движение воздуха в помещении происходит из-за разницы его плотностей снаружи и внутри помещения (тепловое давление), а также под действием разницы давления наружного воздуха с ветреной стороны здания. Давление или разряжение зависят от скорости ветра. Наружный воздух может проникать в помещение через открытые вентиляционные отверстия с ветровой стороны здания и выходить через отверстия на противоположной стороне и отверстия на крыше. Естественная вентиляция намного дешевле механической, так как большое количество воздуха подается в помещение и удаляется из него без использования вентиляторов и воздуховодов. Вентиляция проходит через вытяжные каналы, шахты, вентиляционные окна зданий [8].

Несмотря на внедрение на предприятиях механизации и автоматизации процессов, технических защитных средств, применяют также индивидуальные средства работающих: респираторы типа «Астра», «Лепесток», противогазы, фильтрующие приборы и контролирующие приборы.

## 7.2 Охрана окружающей среды

Отходами данного производства являются:

– твердые: просыпи порошка с ленточных конвейеров, просыпи массы при транспортировке с конвейера в бункер прессы, брак при прессовке, брак изделий при сушке и обжиге, что составляет более 700т в год;

– жидкие: проливы и протечки раствора лигносульфоната технического, эти отходы составляют не менее 9т в год;

– газообразные или аспирационная пыль: пыль, улавливаемая от источников пыли выведения (трубомельница, бегуны, прессы, туннельная печь), эти отходы составляют не менее 500т в год.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



Твердые отходы производства складированы в контейнеры, а затем автотранспортом перевозятся на открытую площадку склада дробильно-обогащительной фабрики, где дробятся совместно с магнезитом марки МИ и подаются на повторный обжиг во вращающиеся печи.

ЛСТ являются малотоксичными продуктами 4 класса опасности. Для локализации проливов предусматривается установка емкостных аппаратов и насосов, со сбором проливов и протечек в зумпфах и последующей откачкой для вывоза на полигон ТБО комбината.

Для обеспыливания узлов перегрузки порошка предусматриваются аспирационные отсосы. Метод очистки запыленного воздуха – сухой, двухступенчатый. Основным оборудованием очистки является рукавные фильтры и сухие циклоны ЦН-15 НИИОГАЗ.

Для всех источников загрязнения воздуха определены предельно-допустимые выбросы ПДВ данными методами очистки, мы добиваемся снижения существенных выбросов до предельно-допустимой концентрации ПДК, для нашего проекта ПДК периклаза  $100\text{мг}/\text{м}^3$ .

Запыленный воздух можем очистить аспирационной системой, в которую входят сухие циклоны ЦН-5 НИИОГАЗ, и производительностью  $8050\text{ м}^3/\text{ч}$ ; рукавный фильтр ФРКН-90, производительностью  $9180\text{ м}^3/\text{ч}$ .

Уловленная пыль по пересыпным устройствам подается в кубель. Для уменьшения пыления установлены клапана-мешалки. Затем кубеля поступают в отделение брикетирования, где пыль комкуется и подается на повторный обжиг и подается заново в производство [9].

Итак, при использовании системы аспирации получили, что концентрат пыли в воздухе после системы очистки меньше и не превышает санитарных норм (ПДК).

Вывод: правильно организованная работа по обеспечению безопасности труда повышает дисциплину работников, что приводит к повышению производительности труда, уменьшению числа несчастных случаев, сбоев оборудования и других непредвиденных обстоятельств, а именно увеличению возможной эффективности производства.

										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							76

## 8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 8.1 Организация труда и заработной платы

В работе разрабатывается цех по производству периклазошпинельных изделий для цементных вращающихся печей. Готовой продукцией отделения являются периклазошпинельные огнеупорные изделия марки ПШПЦ–81. Сырьем для производства этих изделий служит: спеченный периклазовый порошок фракции 1-0, 0,063-0 мм; плавная АМШ фракции 3-0 мм; плотноспеченный периклазовый клинкер 3-1 мм; раствор ЛСТ; этиленгликоль.

Основным оборудованием в цехе является пресс гидравлический, смесительные бегуны, туннельная печь.

Производительность отделения 70 000 т/год.

Структурная схема управления производством представлена на рисунке 8.1.



Рисунок 8.1 – Структурная схема управления производством

Баланс рабочего времени представляет собой систему показателей использования рабочего времени сотрудниками в течение определенного календарного периода (обычно за один год). Целью баланса рабочего времени является определение эффективного (полезного) фонда рабочего времени сотрудников 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 2020 год. Баланс рабочего времени на одного работающего представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Баланс рабочего времени на одного работающего на 2020 год

Показатели	Прерывный режим работы 1 см* 8 час		Непрерывный режим работы 2см*12 час	
	2	3	4	5
Календарный фонд	365	2 920	365	8 760
Праздничные и выходные дни	118	944	180	4 320
Номинальный фонд	247	1 976	185	4 440
Невыходы на работу –всего в том числе:	33	272	33	816
- отпуск;	28		28	
- болезни;	3		3	
-прочие невыходы	2		2	
Эффективный фонд				
- в днях;	214	1 712	151	33 624
- в %	59,2		41,6	

## 8.2 Графики выходов рабочих

Графики выходов рабочих на работу обеспечивают соблюдение установленной продолжительности смены и рабочей недели; правильное чередование работы и отдыха; установить одинаковое количество дневных, вечерних и ночных смен работы для всех работников; создание необходимых условий для устранения анонимности при работе на рабочих местах, а также постоянный состав производственных бригад в сменах и руководство каждой сменой. Графики прерывистого производства предусматривают общий еженедельный выходной день для рабочих и могут составляться в одно-, двух-, трех- четырехсменных режимах работы предприятий или участка. При работе по 12 часов чередований смен в порядке их последовательности [20].

График односменной работы с длительностью рабочей смены 8 часов и двумя выходными днями приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – График выходов на работу на март 2020 г.

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

### Продолжение таблицы 8.2

Число месяца	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Продолжительность рабочей смены, час	8	8	8	8	в	в	8	8	8	8	в	в	8	8	8

График непрерывной работы длительностью рабочей смены 12 часов приведен в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – График выходов на работу на марте 2020 г.

Число месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 смена	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в
2 смена	в	1	В	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2
3 смена	2	В	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в
4 смена	в	2	В	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1

Продолжение таблицы 8.3

Число месяца	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1 смена	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2
2 смена	в	1	В	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в
3 смена	2	В	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в	1
4 смена	в	2	В	1	в	2	в	1	в	2	в	1	в	2	в

### 8.3 Расчет численности рабочих. Штатное расписание

План численности персонала устанавливается на год. Планирование должно основываться на запланированных объемах работ по отдельным участкам и цехам. Штат производительного персонала планируется отдельно по рабочим, ИТР, служащим, МОП, ученикам. Численность рабочих планируется по рабочим местам, профессиям (прессовщик, пом. прессовщика т.д.), основному и вспомогательному производству. Численность работников зависит от стандартов производства, обслуживания рабочих мест, машин и механизмов, а также от штатного расписания. При планировании численности персонала сначала определяют явочный, а затем списочный состав. Явочный состав представляет собой количество рабочих, необходимых для ведения производственного процесса каждую смену [20].

Состав бригады:

- 1) шихтовщик – дозировщик 3 разряда;
- 2) бегунщик 4 разряда;
- 3) машинист мостового крана 3 разряда;
- 4) прессовщик 5 разряда;
- 5) помощник прессовщика 4 разряда;
- 6) садчик на печные вагоны 4 разряда;
- 7) обжигальщик 6 разряда;
- 8) слесарь – наладчик 6 разряда;
- 9) электрик 5 разряда.

Явочный состав определяется по формуле (90), Ч<sub>яв</sub>, чел:

$$Ч_{яв.} = A * ч * П_{см}, \quad (90)$$

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

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

П<sub>см</sub> – число смен в сутки, см.

$$Ч_{яв.1} = 10 * 0,2 * 2 = 4 \text{ человека}$$

$$Ч_{яв.2} = 2 * 1 * 2 = 4 \text{ человек}$$

$$Ч_{яв.3} = 1 * 1 * 2 = 2 \text{ человек}$$

$$Ч_{яв.4} = 2 * 1 * 2 = 4 \text{ человека}$$

$$Ч_{яв.5} = 2 * 1 * 2 = 4 \text{ человека}$$

$$Ч_{яв.6} = 1 * 1 * 2 = 2 \text{ человек}$$

$$Ч_{яв.7} = 1 * 1 * 2 = 2 \text{ человек}$$

$$Ч_{яв.8} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ человек}$$

$$Ч_{яв.9} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ человек}$$

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

Списочный состав определяется по формуле (91), Ч<sub>сп</sub>, чел.:

$$Ч_{сп.} = Ч_{яв.} * К_{сп}, \quad (91)$$

где Ч<sub>яв.</sub> – явочная численность рабочих, чел.;

К<sub>сп.</sub> – списочный коэффициент, определяется по формуле (92).

Величина коэффициента списочного состава зависит от годового режима работы предприятия.

$$К_{сп.} = T_{ном.} / (365 - T_{пр.и вых.} - T_{отп.}) * 0,96; \quad (92)$$

где Т<sub>ном.</sub> – номинальный фонд времени, дней.;

Т<sub>пр. и вых.</sub> – число праздничных и выходных, дней.;

Т<sub>отп.</sub> – отпускные дни, дней;

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

$$К_{сп. пр. реж.} = 247 / (365 - 118 - 28) * 0,96 = 1,17$$

$$К_{сп. непр. реж.} = 185 / (365 - 180 - 28) * 0,96 = 1,22$$

$$Ч_{сп.1} = 4 * 1,22 = 4,88 \sim 5 \text{ чел}$$

$$Ч_{сп.2} = 4 * 1,22 = 4,88 \sim 5 \text{ чел}$$

$$Ч_{сп.3} = 2 * 1,22 = 2,44 \sim 3 \text{ чел}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

$$Ч_{\text{сп.4}} = 4 * 1,22 = 4,88 \sim 5 \text{ чел}$$

$$Ч_{\text{сп.5}} = 4 * 1,22 = 4,88 \sim 5 \text{ чел}$$

$$Ч_{\text{сп.6}} = 2 * 1,22 = 2,44 \sim 3 \text{ чел}$$

$$Ч_{\text{сп.7}} = 2 * 1,22 = 2,44 \sim 3 \text{ чел}$$

$$Ч_{\text{сп.8}} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

$$Ч_{\text{сп.9}} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

На основании представленных расчетов составляем таблицу 8.4.

Таблица 8.4 – Штатное расписание рабочих

Наименование профессии	Разряд	Тарифная ставка, руб/ч	Яв. числ., чел	в т.ч. по сменам		Спис. коэф.	Спис. числ., чел
				1	2		
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Шихтовщик – дозировщик	3	30,57	4	2	2	1,22	5
2 Бегунщик	4	34,35	4	2	2	1,22	5
3 Крановщик	3	30,57	2	1	1	1,22	3
4 Прессовщик	5	39,23	4	2	2	1,22	5
5 Помощник прессовщика	4	34,35	4	2	2	1,22	5
6 Садчик на печные вагоны	5	39,23	2	1	1	1,22	3
7 Обжигальщик	6	45,68	2	1	1	1,22	3
8 Слесарь – наладчик	6	45,68	1	1	1	1,17	1
9 Электрик	5	39,23	1	1	1	1,17	1
Итого			24	12	12		31

#### 8.4 Расчет фонда заработной платы и начислений на заработную плату

Фонд рабочего времени повременно – премиальный определяется по формуле (93),  $ФВВ_{\text{пов-пр}}, \text{см} * \text{чел} * \text{час}$ :

$$ФРВ_{\text{пов-пр}} = Тр * n \text{ см} * t \text{ см} * Ч_{\text{яв}}, \quad (93)$$

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

$n$  см – число смен в сутках, см.;

$t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, час;

$Ч_{\text{яв}}$  – явочная численность.

$$ФРВ_{\text{пов-пр 1}} = 152 * 2 * 12 * 4 = 14592 \text{ см} * \text{чел} * \text{час}$$

$$ФРВ_{\text{пов-пр 2}} = 152 * 2 * 12 * 4 = 14592 \text{ см} * \text{чел} * \text{час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 3} = 152*2*12*2 = 7296 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 4} = 152*2*12*4 = 14592 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 5} = 152*2*12*4 = 14592 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 6} = 152*2*12*2 = 7296 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 7} = 152*2*12*2 = 7296 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 8} = 214*1*8*1 = 1712 \text{ см*чел*час}$$

$$\PhiРВ_{пов-пр 9} = 214*1*8*1 = 1712 \text{ см*чел*час}$$

Фонд рабочего времени, отработанного в ночь, определяется по формуле (94),  $\PhiРВ_{ноч}$ , чел\*час:

$$\PhiРВ_{ноч} = 1/3 \PhiРВ_{пов-пр} \quad (94)$$

$$\PhiРВ_{ноч 1} = 1/3 * 14592 = 4864 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 2} = 1/3 * 14592 = 4864 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 3} = 1/3 * 7296 = 2432 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 4} = 1/3 * 14592 = 4864 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 5} = 1/3 * 14592 = 4864 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 6} = 1/3 * 7296 = 2432 \text{ чел.*час}$$

$$\PhiРВ_{ноч 7} = 1/3 * 7296 = 2432 \text{ чел.*час}$$

Фонд заработной платы по повременно-премиальной системе оплаты труда, определяется по формуле (95),  $\PhiЗП_{пов-пр}$ , руб.:

$$\PhiЗП_{пов-пр} = T_{ст} * \PhiРВ_{пов-пр} * П, \quad (95)$$

где  $T_{ст}$  – часовая тарифная ставка, руб./час.;

$\PhiРВ_{пов-пр}$  – фонд рабочего времени, чел/час.;

П – показатель премии (50%).

$$\PhiЗП_{пов-пр1} = 14592*30,57*1,5 = 669\ 116,16 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр2} = 14592*34,35*1,5 = 751\ 852,8 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр3} = 7296*30,57*1,5 = 334\ 558,08 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр4} = 14592*39,23*1,5 = 858\ 666,24 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр5} = 14592*34,35*1,5 = 751\ 852,8 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр6} = 7296*39,23*1,5 = 429\ 333,12 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр7} = 7296*45,68*1,5 = 499\ 921,92 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр8} = 1712*45,68*1,5 = 117\ 306,24 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{пов-пр9} = 1712*39,23*1,5 = 100\ 742,64 \text{ руб.}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Доплата за ночное время работы определяется по формуле (96),  $D_{\text{ноч}}$ , руб.:

$$D_{\text{ноч}} = 0,4 * \text{ФРВ ноч.} * T \text{ ст ч,} \quad (96)$$

где  $T_{\text{ст}}$  – часовая тарифная ставка, руб./час.;

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

$$D_{\text{ноч.1}} = 0,4 * 4\ 864 * 30,57 = 59\ 476,99 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.2}} = 0,4 * 4\ 864 * 34,35 = 66\ 831,36 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.3}} = 0,4 * 2\ 432 * 30,57 = 29\ 738,49 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.4}} = 0,4 * 4\ 864 * 39,23 = 76\ 325,89 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.5}} = 0,4 * 4\ 864 * 34,35 = 66\ 831,36 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.6}} = 0,4 * 2\ 432 * 39,23 = 38\ 162,94 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{ноч.7}} = 0,4 * 2\ 432 * 45,68 = 44\ 437,50 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата определяется по формуле (97), ОЗП, руб.:

$$\text{ОЗП} = \text{ФЗП}_{\text{пов-пр}} + D_{\text{ноч}}, \quad (97)$$

где  $\text{ФЗП}_{\text{пов-пр}}$  – фонд заработной платы повременно-премиальный, руб.;

$D_{\text{ноч}}$  – доплата за ночное время, руб.

$$\text{ОЗП}_1 = 669\ 116,16 + 59\ 476,99 = 728\ 593,15 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_2 = 751\ 852,80 + 66\ 831,36 = 818\ 684,16 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_3 = 334\ 558,08 + 29\ 738,49 = 364\ 296,57 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_4 = 858\ 666,24 + 76\ 325,89 = 934\ 992,13 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_5 = 751\ 852,8 + 66\ 831,36 = 818\ 684,16 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_6 = 429\ 333,12 + 38\ 162,94 = 467\ 496,06 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_7 = 499\ 921,92 + 44\ 437,50 = 544\ 359,42 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_8 = 117\ 306,24 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_9 = 100\ 742,64 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата с районным коэффициентом определяется по формуле (98), ОЗП р.к., руб.:

Районный коэффициент = 15%.

$$\text{ОЗП р.к.} = 1,15 * \text{ОЗП}, \quad (98)$$

где ОЗП – основная заработная плата, руб.

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.1}} = 728\ 593,15 * 1,15 = 837\ 882,12 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.2}} = 818\ 684,16 * 1,15 = 941\ 486,78 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.3}} = 364\ 296,57 * 1,15 = 418\ 941,05 \text{ руб.}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83



$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.4}} = 934\,992,13 * 1,15 = 1\,075\,240,94 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.5}} = 818\,684,16 * 1,15 = 941\,486,78 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.6}} = 467\,496,06 * 1,15 = 537\,620,47 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.7}} = 544\,359,42 * 1,15 = 626\,013,33 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.8}} = 117\,306,24 * 1,15 = 134\,902,17 \text{ руб.}$$

$$\text{ОЗП}_{\text{р.к.9}} = 100\,742,64 * 1,15 = 115\,854,03 \text{ руб.}$$

Фонд дополнительной заработной платы определяется по формуле (100), ДЗП, руб.:

$$\text{ДЗП} = \% * \text{ОЗП}_{\text{р.к.}}, \quad (100)$$

где ОЗП<sub>р.к.</sub> – основная заработная плата с районным коэффициентом, руб.  
% ДЗП – (10%).

$$\text{ДЗП}_1 = 0,1 * 837\,882,12 = 83\,788,21 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_2 = 0,1 * 941\,486,78 = 94\,148,67 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_3 = 0,1 * 418\,941,05 = 41\,894,10 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_4 = 0,1 * 1\,075\,240,94 = 107\,524,09 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_5 = 0,1 * 941\,486,78 = 94\,148,67 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_6 = 0,1 * 537\,620,47 = 53\,762,04 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_7 = 0,1 * 626\,013,33 = 62\,601,33 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_8 = 0,1 * 134\,902,17 = 13\,490,21 \text{ руб.}$$

$$\text{ДЗП}_9 = 0,1 * 115\,854,03 = 11\,585,40 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы определяется по формуле (101), ФЗП<sub>общ.</sub>, руб.:

$$\text{ФЗП}_{\text{общ.}} = \text{ОЗП}_{\text{р.к.}} + \text{ДЗП} \quad (101)$$

где ОЗП<sub>р.к.</sub> – основной фонд заработной платы с районным коэффициентом, руб.  
ДЗП – дополнительная заработная плата, руб.

$$\text{ФЗП}_{\text{общ1}} = 837\,882,12 + 83\,788,21 = 921\,670,33 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ2}} = 941\,486,78 + 94\,148,67 = 1\,035\,635,45 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ3}} = 418\,941,05 + 41\,894,10 = 460\,835,15 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ4}} = 1\,075\,240,94 + 107\,524,09 = 1\,182\,765,03 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ5}} = 941\,486,78 + 94\,148,67 = 1\,035\,635,45 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ6}} = 537\,620,47 + 53\,762,04 = 591\,382,51 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{общ7}} = 626\,013,33 + 62\,601,33 = 688\,614,66 \text{ руб.}$$

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$\PhiЗП_{\text{общ}8} = 134\,902,17 + 13\,490,21 = 148\,392,38 \text{ руб.}$

$\PhiЗП_{\text{общ}9} = 115\,854,03 + 11\,585,40 = 127\,439,43 \text{ руб.}$

На основании произведенных расчетов заполняем таблицу 8.5.

Таблица 8.5 – Расчет фонда заработной платы рабочих

Наименование профессии	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб/час	Явочная числен-ть, чел	Фонд рабочего времени, чел/час		
				ФРВ пов-пр., чел/час	ФРВ ноч., чел/час	Итог ФРВ, чел/час
1	2	3	4	5	6	7
1 Шихтовщик – дозировщик	3	30,57	4	14592	4864	19456
2 Бегунщик	4	34,35	4	14592	4864	19456
3 Крановщик	3	30,57	2	7296	2432	9728
4 Прессовщик	5	39,23	4	14592	4864	19456
5 Помощник Прессовщика	4	34,35	4	14592	4864	19456
6 Садчик на печные вагоны	5	39,23	2	7296	2432	9728
7 Обжигальщик	6	45,68	2	7296	2432	9728
8 Слесарь – Наладчик	6	45,68	1	1712	–	1712
9 Электрик	5	39,23	1	1712	–	1712
Итого			24	83 680	26 752	110 432

Продолжение таблицы 8.5

ФЗП пов-пр., руб.	Д ноч., руб.	ОЗП, руб.	ОЗП с р.к., руб.	ДЗП, руб.	ФЗП общ, руб.
8	9	10	11	12	13
669 116,16	59 476,99	728 593,15	837 882,12	83 788,21	921 670,33
751 852,80	66 831,36	818 684,16	941 486,78	94 148,67	1 035 635,45
334 558,08	29 738,49	364 296,57	418 941,05	41 894,10	460 835,15
858 666,24	76 325,89	934 992,13	1 075 240,94	107 524,09	1 182 765,03
751 852,80	66 831,36	818 684,16	941 486,78	94 148,67	1 035 635,45
429 333,12	38 162,94	467 496,06	537 620,47	53 762,04	591 382,51
499 921,92	44 437,50	544 359,42	626 013,33	62 601,33	688 614,66
117 306,24	–	117 306,24	134 902,17	13 490,21	148 392,38
100 742,64	–	100 742,64	115 854,03	11 585,40	127 439,43
4 126 950	1 011 804,53	4 895 154,53	5 629 427,67	562 942,72	6 192 370,39

Начисление на заработную плату берется в размере 30% от общего ФЗП.

Сумма начислений на заработную плату определяется по формуле (102), НЗП, руб.:

$$\text{НЗП} = \text{ФЗП общ.} * 0,30, \quad (102)$$

где ФЗП общ. – общий фонд заработной платы, руб.

$$\text{НЗП} = 6\,192\,370,39 * 0,30 = 1\,857\,711,11 \text{ руб.}$$

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ

## 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 8.6.

Таблица 8.6 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Используемое количество для мероприятия	Цена за единицу в руб.	Сумма в руб.
1	2	3	4	5
Спеченный периклазовый порошок фр. 1-0 мм	т	21 800,61	3 585,57	78 167 613,19
Спеченный периклазовый порошок фр. 0,063-0 мм	т	21 048,87	3 585,57	75 472 196,80
Плавленая АМШ фр. 3-0 мм	т	11 276,18	23 294,83	262 676 696,15
Спеченный периклазовый клинкер фр. 3-1 мм	т	21 048,87	3 828,65	80 588 756,12
Раствор ЛСТ	т	675,80	5 958,88	4 027 011,10
Этиленгликоль	т	68,33	41 637,57	2 845 095,15
Итого		75 918,66	81 891,07	503 777 368,51

## 8.6 Расчет затрат на электроэнергию

Расчет затрат на электроэнергию производится по двух ставочному тарифу. Первая часть тарифа представляет собой плату за установленную мощность высоковольтных двигателей. Вторая часть тарифа представляет собой плату за потребленную активную энергию.

Затраты на электроэнергию определяются по формуле (103), Сэ, руб.:

$$C_{\text{э}} = a * N + b * W, \quad (103)$$

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.

$$C_{\text{э}} = 220 * 407,95 + 4,48 * 1\,264\,971,36 = 5\,756\,820,69 \text{ руб.}$$

Расчет баланса рабочего времени производим по формуле определяется по формуле (104), Т, м/час:

$$T = T_p * n_{\text{см}} * t_{\text{см}} * K_{\text{исп}} \quad (104)$$

где  $T_p$  – число рабочих дней в году, дн.;

$n_{\text{см}}$  – число смен в сутках, см;

									18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						86

$t_{см}$  – продолжительность смены, час.;  
 $K_{исп}$  – коэффициент использования (0,85).

$$T = 152 * 2 * 12 * 0,85 = 3\ 100,80 \text{ м/час}$$

Расчет расхода электроэнергии производим в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Расчет расхода электроэнергии

Оборудование	Количество	Мощность кВт	Суммарная мощность	Часы работы	Расход эл.эн кВт/час
1	2	3	4	5	6
Дозатор ДЖУ-40В	2	2,8	5,6	3 100,8	17 364,48
Дозатор БДК-350	8	3,4	27,2	3 100,8	84 341,76
Смесительные бегуны СМ15104М	2	45	90,0	3 100,8	279 072,0
Пресс ДО 542Н	2	126	252	3 100,8	781 401,6
Мостовой кран	1	15	15	3 100,8	46 512,0
Цепной толкатель	1	0,75	0,75	3 100,8	2 325,6
Садочный манипулятор СМ-1	1	14,4	14,4	3 100,8	44 651,52
Конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ	1	3	3	3100,8	9 302,4
Итого			407,95		1 264 971,36

### 8.7 Расчет затрат на амортизацию

Амортизация – возмещение стоимости износа путем постепенной передачи готовой продукции 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).

Амортизация определяется по формуле (105), А, руб.:

$$A = C * N_a / 100, \quad (105)$$

где С – общая стоимость основных фондов, млн. руб.;

$N_a$  – норма амортизации, %.

Амортизационные отчисления производятся в течение нормативного срока амортизационного периода службы машин и оборудования в таблицах 8.8.

Таблица 8.8 – Расчет суммы амортизационных отчислений

Оборудование	Количество	Стоимость за ед.	Стоимость на количество о ОФ	Норма амортизации, $N_a$ , %	Сумма амортизационных отчислений в год, руб
1	2	3	4	5	6
Дозатор ДЖУ-40В	2	250 000	500 000	6,7	33 500
Дозатор БДК-350	8	150 000	1 200 000	6,7	80 400

### Окончание таблицы 8.8

Смесительные бегуны СМ15104М	2	1 000 000	2 000 000	4,3	86 000
Пресс ДО 542Н	2	4 000 000	8 000 000	7,7	616 000
Мостовой кран	1	2 500 000	2 500 000	10,0	250 000
Толкатель цепной	1	100 000	100 000	4,5	4 500
Садочный манипулятор СМ-1	1	1 500 000	1 500 000	6,7	100 500
Конвейер с погруженными скребками типа ТСЦ	1	160 000	160 000	14,3	2 288 000
Итого			15 960 000	46,6	3 458 900

### 8.8 Расчет прочих затрат

#### Расчет затрат на охрану труда

Расходы на охрану труда состоят из затрат на заработную плату персонала, занятого на работах по охране труда, материалов, топлива, расходов на рабочую одежду, защитную обувь и другие средства индивидуальной защиты.

Расходы по данным статьи принимают в размере 5 % от основной заработной платы с равным коэффициентом.

Затраты на охрану труда определяется по формуле (106), ОТ, руб.:

$$ОТ = ФЗП_{раб.} * 5\%, \quad (106)$$

где ФЗП<sub>раб.</sub> – общий фонд заработной платы рабочих, руб.

$$ОТ = 6\,192\,370,39 * 0,05 = 309\,618,52 \text{ руб.}$$

#### Затраты на содержание оборудования

Затраты на содержание оборудования определяется по формуле (107), З<sub>сод.об.</sub>, руб.:

Затраты на содержание оборудования берутся в размере 60% от суммы начисленной амортизации.

$$З_{сод.об.} = \sum A * 60\%, \quad (107)$$

где  $\sum A$  – сумма амортизации, руб.

$$З_{сод.об.} = 3\,458\,900 * 0,6 = 2\,075\,340 \text{ руб.}$$

### 8.9 Расчет фонда заработной платы АУП.

Расчет производится на основе принятой структуры управления, согласно представленной схеме «Структурная схема управления производства» и производится в таблице 8.9.

										18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							88

Таблица 8.9 – Расчет заработной платы АУП

Должность	Оклад руб/мес	Количество чел.	Годовой оклад, руб.	ОЗП с р.к. 15%	ДЗП, 10% руб	Всего ФЗП, руб
1	2	3	4	5	6	7
Начальник цеха	35 000	1	420 000	483 000	48 300	531 300
Технолог	25 000	1	300 000	345 000	34 500	379 500
Мастер	20 000	4	960 000	1 104 000	110 400	1 214 400
Итого						2 125 200

Фонд заработной платы АУП с начислениями (30%) определяется по формуле (108), ФЗП с нач., руб.:

$$\text{ФЗП с нач.} = \text{ФЗП}_{\text{АУП}} * 1,3, \quad (108)$$

где  $\text{ФЗП}_{\text{АУП}}$  – фонд заработной платы АУП, руб.

$$\text{ФЗП с нач.} = 2\,125\,200 * 1,3 = 2\,762\,760 \text{ руб.}$$

### 8.10 Составление сводной сметы затрат

Составление сводной сметы затрат на производство продукции представлена в таблице 8.10.

Таблица 8.10 – Смета затрат на производство продукции

Элементы затрат	Годовые затраты, руб	Годовой объем производства, т	Затраты на единицу продукции, руб
1	2	3	4
Фонд заработной платы рабочих	6 192 370,39	70 000	7 517,01
Начисления на заработную плату рабочих	1 857 711,11		
Материалы	503 777 368,51		
Эл. энергия	5 756 820,69		
Амортизация	3 458 900		
Охрана труда	309 618,52		
Содержание оборудования	2 075 340		
Фонд заработной платы АУП с начислениями	2 762 760		
Всего затрат	526 190 889,22		

Расчет рентабельности единицы продукции производится по формуле (109), R, %:

$$R = (\text{Ц} - \text{С}\backslash\text{С}) / \text{С}\backslash\text{С} * 100\%, \quad (109)$$

где Ц – цена единицы продукции, руб.;

$\text{С}\backslash\text{С}$  – себестоимость единицы продукции, руб.

$$R = (8\,670 - 7\,517,01) / 7\,517,01 * 100\% = 15,3\%$$

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице 8.11

Таблица 8.11 – Основные технико-экономические показатели

№	Наименование показателя	Формула	Единица измерения	Величина показателя
1	Годовой объем выпуска продукции	$V_{\text{год}}$	т	70 000
2	Фондовооруженность	$\Phi_{\text{в}} = \Phi_{\text{осн}} / \text{Ч}_{\text{спис}}$	руб/чел	199 753,9
3	Фондоотдача	$\Phi_{\text{о}} = V_{\text{год}} / \Phi_{\text{осн}}$	т/руб	0,011
4	Фондоемкость	$\Phi_{\text{ем}} = \Phi_{\text{осн}} / V_{\text{год}}$	руб/т	88,5
5	Списочная численность персонала	$\text{Ч}_{\text{спис}}$	чел	31
6	Себестоимость продукции 1 т		руб	7517,01
7	Рентабельность		%	15,3

Выводы: Себестоимость за единицу продукции составила 7 517,01 руб. Рентабельность продукции составила 15,3%. Для огнеупорной продукции нормативная рентабельность 15%. Следовательно, организация производственного процесса по производству периклазошпинельных огнеупоров с предложенным оборудованием и полученным затратами для предприятия экономически выгодна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатывая данную выпускную квалификационную работу, ознакомилась с технологией получения периклазошпинельных изделий марки ПШПЦ-81, а также выбрала подходящее для производства основное и вспомогательное оборудование.

Рассчитан материальный баланс производства периклазошпинельных изделий, выведен расходный коэффициент сырья, который составил 1,081 т.сырья/т.гот.прод. Рассчитано необходимое количество основного и вспомогательного оборудования.

Выполнены расчеты горения топлива и теплового баланса печи.

В экономической части рассчитана себестоимость готовой продукции, которая составила 7 517,01 руб./т.

Предложенное изменение в существующую технологию позволит обеспечить бесперебойность подачи спеченного порошка при производстве изделий марки ПШПЦ на трубомельницу, уменьшить попадание мелких частиц в окружающую среду, для простаты и снижения затрат на техническое обслуживание оборудования (разрыв резиновой ленты, замена роликов и т.д.), а также для исключения просыпей, заменяем ленточный конвейер для подачи спеченного периклазового порошка фракции 0,5-0 мм на трубомельницу.

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ					



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Хорошавин Л.Б. Магнезиальные огнеупоры. Справочник/ Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицын, В.А. Кононов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 547с.
- 2 И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. –752 с.;
- 3 Техническая инструкция ТИ 00187145 –161– 2013 Производство ппериклазошпинельных изделий марки ПШПЦ в ЦМИ-2;
- 4 Кащеев И.Д. Производство огнеупоров / И.Д. Кащеев. М.: Metallurgy, 1993. –256 с.
- 5 П.В. Левченко Расчеты печей и сушил силикатной промышленности – М.: Высшая школа, 2005 г. 367с.;
- 6 В.Г. Байсоголов. Механическое и транспортное оборудование заводов огнеупорной промышленности. «Металлургия». 2006 – 259 с.;
- 7 В.П. Викторов. Автоматизация огнеупоров производства. – М.: Metallurgy, 2006, 245 с.;
- 8 Откидач П, Д. Охрана труда в огнеупорном производстве. - М.: Metallurgy, 2006.;
- 9 Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия., учебник /Н.Л. Зайцева-М.: Инфра –М, 2006 г (ГРИФ).;
- 10 Кнышова Е.Н., Панфилова Е.Е. Экономика организации: учебник. /Е.Н. Кнышова,Е.Е. Панфилова – М.: ИД «Форум» Инфра –М, 2007.;
- 11 Пучков А.Л. Экономика и планирование горного производства. учебное пособие/ А.Л. Пучков – М.: изд-во Московского горного университета, 2008 г., учебное пособие (ГРИФ).;
- 12 Ашихмин А.А. и др. Экономика, организация и управление горными предприятиями цветной металлургии. учебное пособие/А.А. Ашихмин - М.: изд-во Московского горного университета, 2010 г., (ГРИФ).;
- 13 Моссаковский Я.В. Экономическая оценка инвестиций в горной промышленности. учебное пособие/Я.В. Моссаковский- М.: изд-во Московского горного университета, 2009 г., (ГРИФ).;
- 14 Экономика организаций (предприятий) учебник/ под ред. Горфинкеля В.Я. – М.: Юнити, 2003 г.,
- 15 Волков О.И. Экономика предприятия (курс лекций)/О.И. Волков. – М.: Инфра-М, 2005 г.;
- 16 Волков О.И. Экономика предприятия. учебник/О.И. Волков – М.: Инфра-М, 2002 г.,
- 17 Горфинкель. В Экономика фирмы, учебник для бакалавров, /В. Горфинкель. – М.: Юрайт, 2012, 687 с.

					18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

18.03.01.2020.082.00.00 ПЗ

## Характеристики исходного сырья для производства ПШПЦ-81

### 1. Требования предъявляемые к периклазовому порошку и АМШ

Наименования показателя	Значение			
	спеченный периклазовый порошок фр. 1-0 мм	спеченный периклазовый порошок фр. 0,063-0 мм	плотнospеченный периклазовый клинкер фр. 3-1 мм	плавленая АМШ фр. 3-0 мм
Массовая доля, %				
MgO, не менее	93,0	93,0	94,0	34,0-38,0
Fe2O3, не более	2,5	2,5	2,2	1,0
SiO2, не более	2,2	2,5	2,2	0,6
CaO, не более	2,5	2,5	2,0	1,0
CaO/SiO2	Факультативно	Факультативно	-	-
Al2O3, не более	-	-	0,8	60,0-64,0

### 2. Требования предъявляемые к ЛСТ

Наименование показателя	Значение
Плотность при температуре 40-50°C, кг/см3, не менее	1210
Температура, °C, в пределах	40-50
Условная вязкость, с, не менее	50
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	47

### 3. Требования предъявляемые к этиленгликолю

Наименование показателя	Значение
Динамическая вязкость при температуре (20±0,5)°C, мПа*с, не менее	18
Плотность при температуре (20±0,5)°C, г/см3, не менее	1,11
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость

		18.03.01.2020.082.00.00 ПЗ			
Исполн.	М.В.Иванов	Литер.	Литер.	Исполн.	М.В.Иванов
Провер.	И.И.Петров	Исполн.	Исполн.	Провер.	И.И.Петров
Согласов.	С.С.Сидоров	Исполн.	Исполн.	Согласов.	С.С.Сидоров
Исполн.	И.И.Петров	Исполн.	Исполн.	Исполн.	И.И.Петров
Провер.	И.И.Петров	Исполн.	Исполн.	Провер.	И.И.Петров

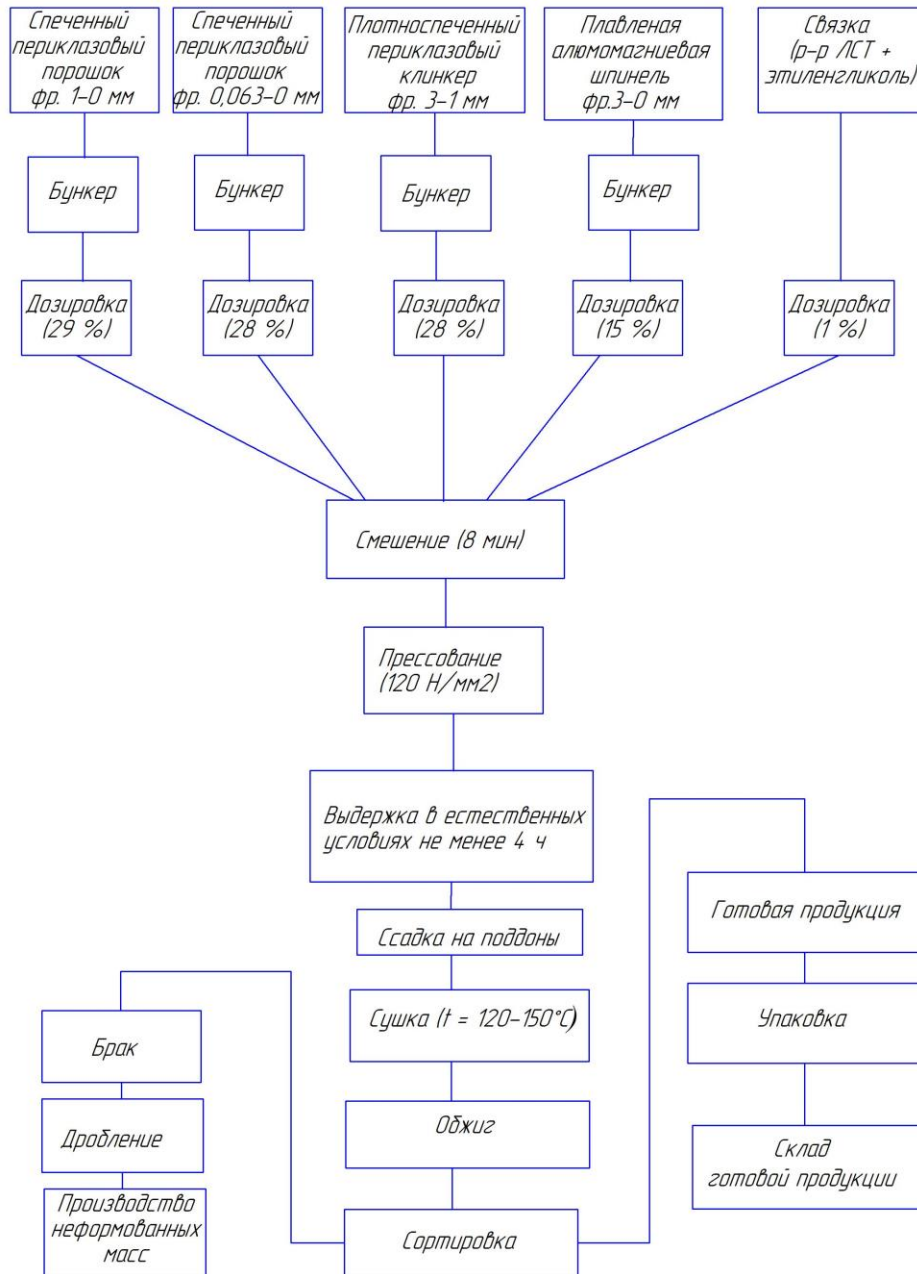
Копировать

Формат А1

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Принципиальная технологическая схема производства периклазошпинельных изделий

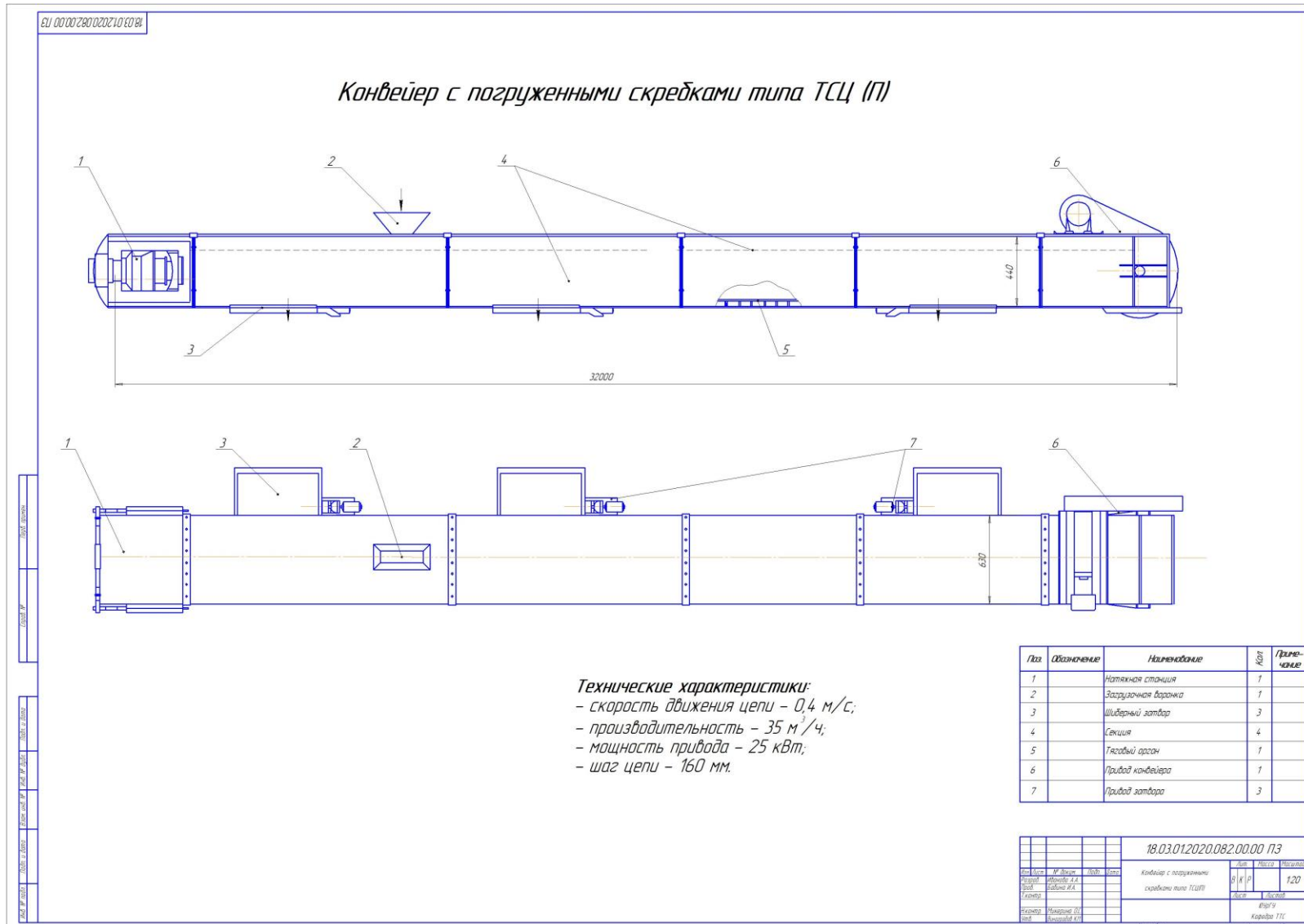
18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ



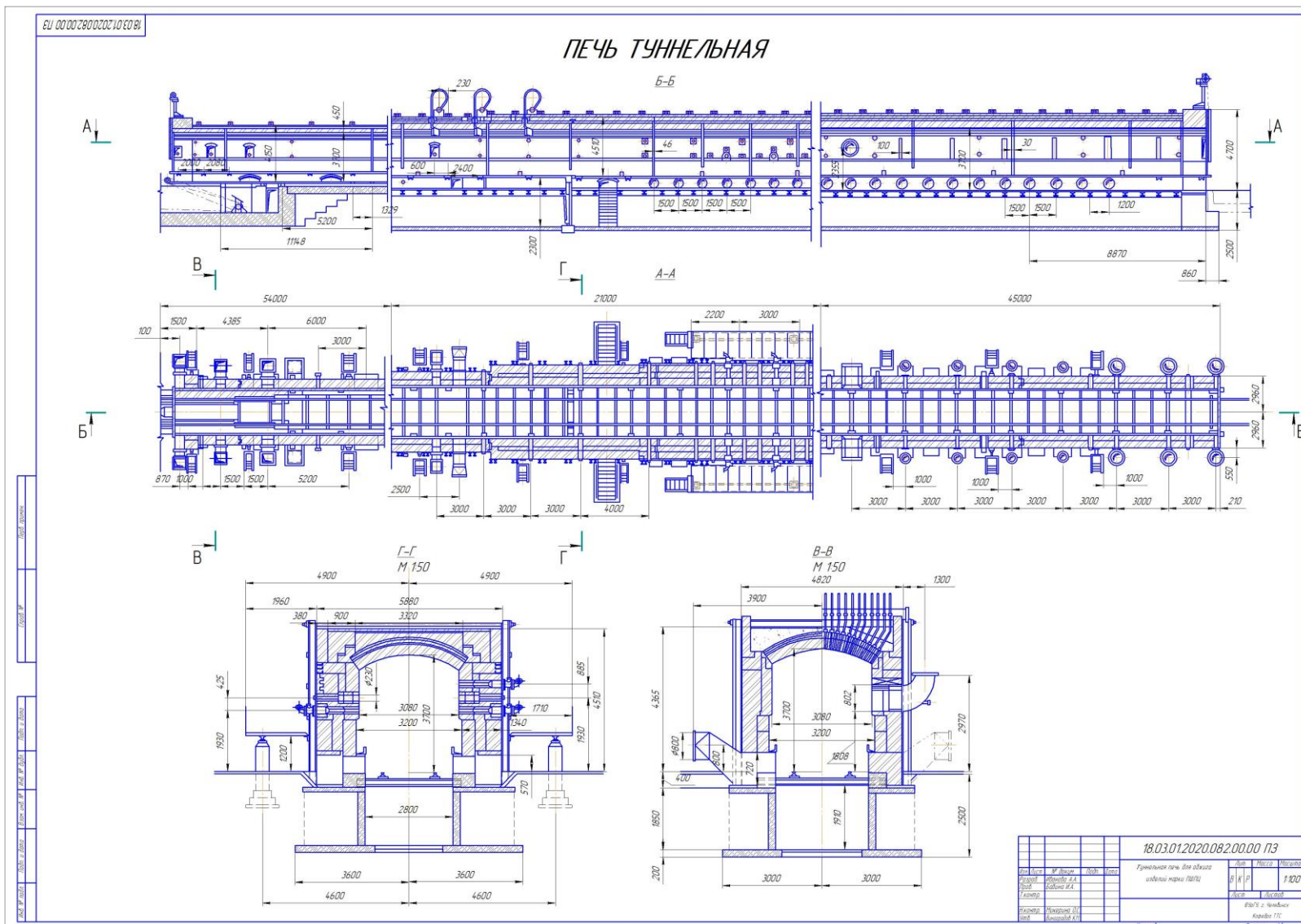
18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ

18.03.01.2020.082.00.000 ПЗ					
Исполн.	М. Вайс	Лист	1/1	Принципиальная технологическая схема производства изделий марки ПП/Ш-81	Изм.
Провер.	Соболев И.А.	Дата			Исполн.
Утвержд.	Михайлов О.А.	Масштаб			Исполн.
Дата	Выпущен 18.03.2020	Кол-во ТТГ			Исполн.
				Корректор	Фирма АТ

## ПРИЛОЖЕНИЕ В



# ПРИЛОЖЕНИЕ Г





## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Основные технико-экономические показатели

№	Наименование показателя	Формула	Единица измерения	Величина показателя
1	Годовой объем выпуска продукции	$V_{год}$	т	70 000
2	Фондовооруженность	$\Phiв = \Phiосн / Ччисл$	руб/чел	199 753,9
3	Фондоотдача	$\Phiо = V_{год} / \Phiосн$	т/руб	0,011
4	Фондоёмкость	$\Phiем = \Phiосн / V_{год}$	руб/т	88,5
5	Списочная численность	$Ччисл$	чел	31
6	Себестоимость продукции 1 т		руб	7517,01
7	Рентабельность		%	15,3

18.03.012020.082.00.000 ПЗ												
Дата	М	Число	Лист	Листов	Основной технико-экономический показатели					Лит	Масштаб	Масштаб
Время					в к/р							
Состав					Лист 4					Контур		
Страна					Казахстан					Виртул и Чооыбек		
Имя					Казахстан					Кадылы ТГ		
Имя					Казахстан					Копирбай		
Имя					Казахстан					Виртул		
Имя					Казахстан					AT		