МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение
автоматизированных машиностроительных производств»
Специальность «Технология машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему:

Модернизация комплекса по изготовлению цементных смесей

Студент(ка)	Коровкин Д.В.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Резников Л.А.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Горина Л.Н.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Зубкова Н.В.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Виткалов В.Г.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите
И.о. заведующего кафедрой
к.т.н, доцент _____А.В. Бобровский
(личная подпись)
«_____»_____2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. зав. кафедрой
А.В.Бобровский
«30» 03 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень специалиста)

направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Специальность «Технология машиностроения»

Студент Коровкин Дмитрий Вадимович, гр. ТМз-1001

1. Тема Модернизация комплекса по изготовлению цементных смесей

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «_____» 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики, чертежи деталей и сборочных единиц*

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)
Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.
Введение, цель проекта
Введение
1)Технологическая часть
1.1 Обоснование преимущества технологической схемы по сухому способу производства цемента.
1.2 Описание выбранной технологической схемы
2)Специальная часть
2.1 Описание конструкции и принципа действия комплекса»
2.2 Патентные исследования
2.3 Сущность модернизации
3)Расчетная часть
3.1 Расчет основных параметров вращающейся печи конвейерным кальцинатором
3.1.1 Тяговый расчет рабочего органа кальцинатора
3.1.2 Расчет производительности вращающейся печи
3.1.3 Мощность привода вращения печи
3.1.4 Расчет мощности вспомогательного привода

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Коровкин Дмитрий Вадимович

Модернизация комплекса по изготовлению цементных смесей

Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В представленном дипломном проекте предложены и обоснованы (расчетно и теоретически) технические решения, направленные на модернизацию комплекса по получению цементных смесей.

Выполнено описание технологической схемы получения смесей, проведено обоснование реализующих схему действий. Выполнена расчетно – обоснованная модернизация комплекса, основанного на сухом способе производства цементных смесей. Для выполнения модернизации выполнены патентные исследования, проведены все необходимые расчеты вращающейся печи, выполнены тяговый расчет и расчет производительности. Выполнены все необходимые тепловые расчеты. Разработана ремонтная технология по восстановлению элементов комплекса.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки и комплекта чертежей, поясняющих материал, рассмотренный в записке.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, включающей в себя страницу, 16 таблиц и 19 рисунков; 6 чертежей формата А1, двух чертежей формата А2 и 6 чертежей формата А3.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....

1 Технологическая часть .....

1.1 Обоснование преимущества технологической схемы по сухому способу производства цемента. .....

1.2 Описание выбранной технологической схемы .....

2 Специальная часть .....

2.1 Описание конструкции и принципа действия кальцинатора «Леполь» .....

2.2 Патентные исследования .....

2.3 Сущность модернизации .....

3 Расчетная часть .....

3.1 Расчет основных параметров вращающейся печи 4х60 м с конвейерным кальцинатором .....

3.1.1 Тяговый расчет рабочего органа кальцинатора .....

3.1.2 Расчет производительности вращающейся печи Ø4х60 м .....

3.1.3 Мощность привода вращения печи .....

3.1.4 Расчет мощности вспомогательного привода .....

3.1.5 Тепловой расчет запечного контактного теплообменника .....

3.1.5.1 Тепловой баланс запечного теплообменника .....

3.1.5.2 Полезный расход тепла и КПД кальцинатора .....

3.1.6 Материальный баланс запечного теплообменника .....

3.1.7 Аэродинамическое сопротивление запечного теплообменника .....

3.1.8 Общее аэродинамическое сопротивление запечного теплообменника .....

3.2 Прочностной расчет .....

3.2.1 Прочностные и проверочные расчеты разрабатываемых узлов и деталей уплотнения .....

3.2.2 Расчет массы грузов .....

3.2.3 Выбор геометрических размеров основных деталей .....

3.3 Прочностные расчеты корпуса вращающейся печи ø 4,0х60 м .....
3.3.1 Расчет нагрузок от металлоконструкции .....
3.3.2 Нагрузка от футеровки.....
3.3.3 Расчёт опорно-ходовой части вращающейся печи Ø4х60 м.....
4 Эксплуатация и ремонт конвейерного кальцинатора.....
4.1 Эксплуатация печного агрегата .....
4.2 Перечень наиболее изнашивающихся узлов и деталей.....
4.3 Содержание ремонта машины.....
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта с точки зрения его безопастностных и экологических характеристик.....
5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....
5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....
5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов).....
5.5 Технические средства обеспечения пожарной безопасности.....
5.6 Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....
5.7 Идентификация экологических факторов технического объекта .....
5.8 Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду……..
6 Электрическая схема и описание привода решетки кальцинатора.....
7 Экономическая часть .....
7.1 Технико-экономическое обоснование.....
7.2 Оценка экономической эффективности инвестиционного проекта .....
7.2.1 Расчет капитальных вложений (инвестиций).....

7.2.2 Изменение текущих расходов (себестоимости продукции) по фактам.....
7.2.3 Изменение денежных потоков.....
7.2.4 Расчёт показателей экономической эффективности проекта.....
7.3 Расчет основных технико-экономических показателей.....
Заключение.....
Список литературы.....

ВВЕДЕНИЕ

Цемент – основной материал используемый в строительстве, является вяжущим веществом, получаемым путем тонкого измельчения клинкера с гипсом и добавками. При перемешивании с водой образует удобно обрабатываемую смесь, способную затвердевать в воде и на воздухе (ГОСТ 10178- 85).

Сырьём для него служат известковые, мергелистые, глинистые породы и различные добавки, шлак, бокситы и др. Цемент обладает важным свойством твердеть в воде.

Промышленность строительных материалов на данный момент располагает значительным парком высокопроизводительного оборудования, способного выпускать высококачественную продукцию.

Тем не менее, перед наукой стоит ряд задач по повышению технологических свойств оборудования промышленности строительных материалов. Из них можно выделить такие как:

- повышение КПД приводов машин,
- снижение энергозатрат на производство,
- повышение производительности,
- повышение долговечности узлов и механизмов.

Обжиг сырьевой смеси и получение клинкера – наиболее важная стадия процессов производства цемента. Для обжига сырьевой смеси заданного химического состава с получением клинкера предназначены печные агрегаты.

Главной целью дипломного проекта является модернизация запечного теплообменного устройства – кальцинатора типа «Леполь». Цель модернизации – повышение производительности кальцинатора в результате изменения габаритных размеров рабочего органа и изменения рабочей поверхности колосника.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обоснование преимущества технологической схемы по сухому способу производства цемента.

В настоящее время применяют три основных способа подготовки сырьевой смеси из исходных материалов: «мокрый», при котором помол и смешение сырья осуществляется в мокрой среде, «сухой», когда материалы смешиваются и измельчаются в сухом виде и комбинированный.

Сухой способ, несмотря на его технико-экономические преимущества по сравнению с мокрым, длительное время находил ограниченное применение вследствие пониженного качества получаемого клинкера. Однако успехи в технике тонкого измельчения и гомогенизации сухих смесей обеспечил возможность получения высококачественных портландцементов и по сухому способу. Это предопределило резкий рост в последние десятилетия производства цемента по этому способу.

Изготовление клинкера по сухому способу технически и экономически более целесообразно в тех случаях, когда исходные сырьевые материалы характеризуются:

Влажностью до 10 – 15%;

Относительной однородностью по химическому составу и физической структуре, что обеспечивает возможность получения гомогенной сырьевой муки при измельчении сухого сырья.

При сухом способе затраты тепла на обжиг клинкера достигают 3150 – 4190 кДж/кг, что значительно меньше затрат при производстве по мокрому способу.

При сухом способе изготовления клинкера исходные материалы после дробления подвергаются высушиванию и совместному помолу в шаровых и иных мельницах до остатка 6 – 10% на сите № 008.

Обжигают сырьевую муку:

1) в коротких вращающихся печах с предварительной тепловой обработкой её:

- в циклонных теплообменниках, в которых отходящими из печей газами материал нагревается до температур 800 – 850^{0}С с частичной декарбонизацией его (на 30 – 40%);

- в циклонных теплообменниках, а далее в специальных реакторах, в которых температура муки повышается до 920 – 950^{0}С, а декарбонизация материала перед его поступлением в печь достигает 85 – 90%. Такой эффект получается за счёт сжигания в реакторах дополнительного небольшого количества топлива;

- в конвейерных кальцинаторах за счёт тепла отходящих из печей газов;

2) наконец, сырьевую муку в виде гранул можно обжигать в автоматических шахтных печах.

В зависимости от способа обжига сырьевой муки схемы производства несколько отличаются.

Как уже указывалось сырьевую муку при сухом способе производства можно обжигать во вращающихся печах, работающих в сочетании с конвейерными кальцинаторами. В этом случае муку до поступления на обжиг гранулируют и получают гранулы размером от 5 – 10 до 20 – 30 мм. В настоящее время для этой цели используют тарельчатые грануляторы вместо ранее распространённых барабанных.

Тарельчатый гранулятор имеет наклонно установленный вращающийся диск с бортами. Подаваемую на диск муку опрыскивают каплями воды, и из увлажнённой до 12 – 15% муки образуются шарики. В дальнейшем при вращении диска шарики окатываются, и на них налипают новые порции материала и получаются крупные гранулы. Постепенно накапливаясь в нижней части тарелки, они пересыпаются затем через её борт и поступают в бункер над конвейерным кальцинатором. Он представляет собой бесконечную колосниковую решётку, составленную из отдельных колосников и движущуюся со скоростью 30 – 50 м/ч. Колосниковая решётка заключена в плотный кожух. Сырьевые гранулы подаются

из бункера на конвейер слоем 15 – 20 см. Через этот слой просасываются газы, поступающие в кальцинатор с температурой 1000 – 1100^0С из короткой вращающейся печи. Просасывание газов может осуществляется как при однократном, так и двукратном прохождении через материал. Применяется другой метод. Для этого кальцинатор вертикальной стенкой разделяют на две камеры. Газы из печи сначала поступают в верхнее отделение камеры, далее под действием тяги вентилятора просасываются сверху вниз через слой гранул и из нижней части камер направляются через циклоны в другую камеру. Здесь они вновь пронизывают слой материала и удаляются из кальцинатора дымососом с температурой 100 – 1500^0С. Материал вначале подсушивается. Далее дегидратируется и частично декарбонизируется, и поступает на обжиг в печь с температурой около 800^0С. Гранулы, провалившиеся через отверстие в решётке, попадают на конвейер и с помощью элеватора направляются в печь. Сюда же по винтовому конвейеру движется пыль из циклонов. Вращающиеся печи в сочетании с описанным кальцинатором характеризуются различной суточной производительностью до 1000 – 3000 т. Рассчитанная на выпуск 35 т/ч, состоит из печи размером 4 х 60м и кальцинатора с площадью решётки 200 м2. Расход тепла в печах с кальцинаторами составляет примерно 3150 -3550 кДж/кг клинкера. Из вращающейся печи клинкер направляют в холодильник и далее на склад и помол.

Вращающиеся печи с кальцинаторами, часто работающие с пониженными коэффициентами использования по времени (не более 0.8 – 0.85) и плохо поддающиеся автоматизации, реконструируются и переводятся на работу с теплообменниками, что способствует значительному сокращению удельных расходов труда, топлива и электроэнергии и повышению производительности печей.

1.2 Описание выбранной технологической схемы

Рассмотрим технологическую схему производства цемента в (рисунок 1.1). Основными сырьевыми материалами являются: мергель, корректирующие и

минеральные добавки, шлак конвертерный для производства строительных материалов, гипсовый камень и опока.

Для производства одной тонны клинкера на заводе расходуется 1637 кг мергеля и 52,4 кг конверторного шлака.

На тонну цемента необходимо 109 кг опоки и 50 кг гипсового камня.

Сырьевой базой заводов являются месторождения мергеля. Добыча мергеля в карьере ведется открытым способом, при котором сырье добывается непосредственно с поверхности земли.

После взрыва экскаваторы перемешиванием усредняют разрыхленную породу и грузят ее на БЕЛазы, которые доставляют сырье в бункера дробилок.

Мергель с БЕЛазов подается на дробление, которое осуществляется в две стадии:

- первая - в щековых дробилках (1 шт.);

- вторая - в молотковых дробилках (1 шт.).

Щековая дробилка служит для дробления сырьевых материалов между двумя периодически сближающимися щеками. Подача мергеля с размерами кусков до 1000-1200 мм в щековую дробилку осуществляется из приемного бункера качающимся колосниковым или пластинчатым питателями, на заводе установлена щековая дробилка типа СМД-59А. Производительность 350 т/час. В щековых дробилках материал измельчается до кусков размерами 250-300 мм.

Из отделения крупного дробления мергель с помощью горизонтального ленточного транспортера поступает в бункер молотковой дробилки.

В молотковой дробилке исходный материал разрушается от ударного воздействия на него молотков и отбойных плит. Кроме того, материал раздавливается и крошится вращающимися молотками, когда находится на колосниковой решетке, до кусков размером 15 мм.

Применяется на заводе молотковая однороторная дробилка СМД-98Б, производительностью 350 т/час.

Подготовленный двумя стадиями дробления мергель транспортируется Белазами на склад. Емкость слада - 25,5 тыс. тонн. На этом складе размещается сырье, а так же колчеданные огарки.

Со склада сырье поступает в бункера мельниц.

Сырьевое отделение завода включает 3 сепараторных шаровых мельниц две 3,2х8,5 м и одна 3,7х8,5. Производительность мельниц 3,2х8,5 11,8-12 кг/с, а 3,7х8,5 17 кг/с. Скорость вращения мельниц 3,2х8,5-0,27$с^{-1}$, 3,7х8,5 – 0,28$с^{-1}$. Мельницы 3,2х8,5 имеют электродвигатели мощностью 1000 кВт, числом оборотов 6 $с^{-1}$ и используемым напряжением 6000 В. Мельниц 3,7х8,5 имеет электродвигатель мощностью 2000 кВт, числом оборотов 1,6 $с^{-1}$ и используемым напряжением 6000 В.

После измельчения сырьевая мука транспортируется пневматическими установками к смесительным силосам, в которых перемешиваются сжатым воздухом и корректируются. При использовании пластичного глинистого компонента сырьевая мука из силосов направляется в смесительные шнеки, где увлажняется 8-10% воды. Затем эта масса поступает на грануляторы, куда одновременно подается добавочная вода. Здесь происходит образование прочных гранул с влажностью 12-14%, поступающих затем в печь на обжиг.

Цех обжига оборудован 2 вращающимися печами:

- первое отделение - печь №1 размер печей 4х60 м; производительность 10,41 кг/с; число опор и бандажей - 3; угол наклона – 3,5º; скорость вращения-0,014 $с^{-1}$;

- второе отделение - печь №3, размером 4х60 м; угол наклона – 3,5º; производительность – 9,58 кг/с; число опор - 3 соответственно; скорость вращения – 0,0192 $с^{-1}$.

После печи клинкер поступает в холодильник. Для охлаждения клинкера применяются колосниковые холодильники типа "Волга - 50", производительностью 13,8 кг/с, в холодильниках клинкер охлаждается от температуры 1000-1200 ºС, до 90-200 ºС.

Размеры колосниковой решетки: ширина – 3,32 м, длина – 16,60 м; полезная площадь - 56 $м^2$. ход подвижных колосников – 0,15 м. Число двойных ходов –

8-16 ходов/мин. Колосники приводятся во движение электродвигателями с регулируемой частотой вращения. Общая установленная мощность электродвигателя 583 кВт. Горячий клинкер из печи через шахту поступает на колосниковую решетку. Снизу решетки под напором подается холодный воздух, который, просачиваясь через слой горячего клинкера охлаждает его.

Клинкер измельчают в трубных мельницах открытого цикла. На заводе установлено 3 мельниц для помола цементного клинкера: две –Ø3,2х13 м и одна Ø3,2х14 м.

Из помольно - цементного отделения цемент пневмокамерными насосами перекачивается в цементные силосы.

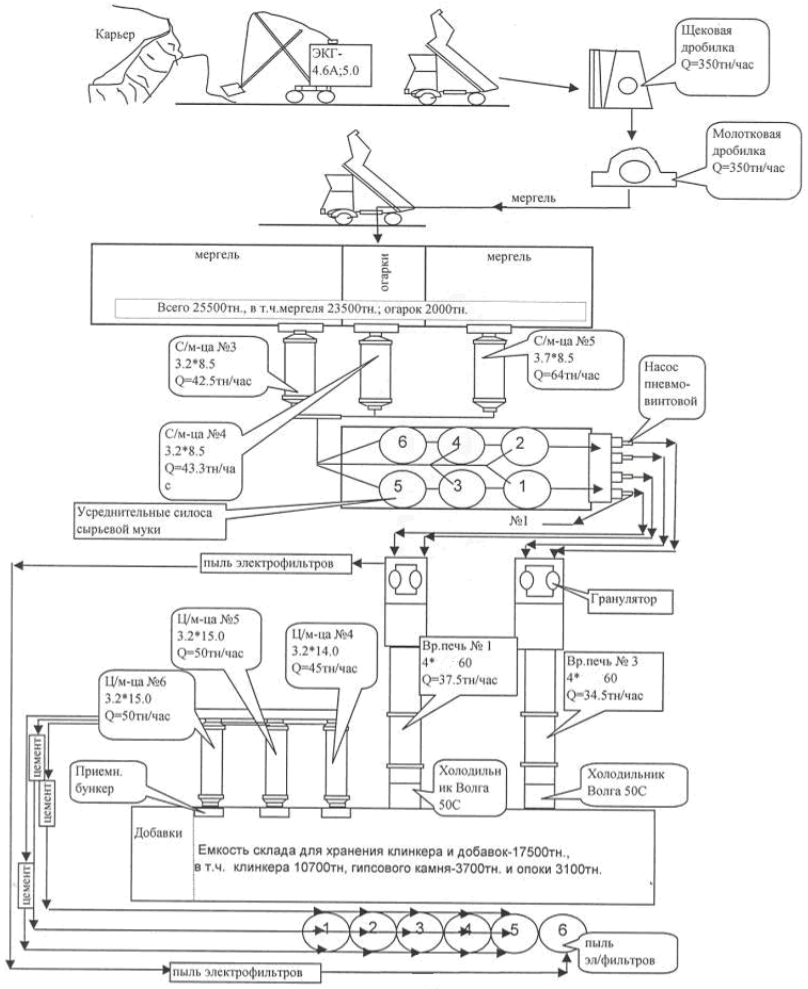


Рисунок 1.1 - Схема производства цемента

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание конструкции и принципа действия кальцинатора «Леполь»

Расход тепла на обжиг при мокром способе производства составляет 5900—7200 кДж на 1 кг клинкера. Намного сокращаются затраты тепла при производстве портландцементного клинкера до сухому способу, например в печах с конвейерными кальцинаторами (печь «Леполь»). На этой решетке вне печи сырьевая смесь высушивается, подогревается, дегидратируется и частично декарбонизируется за счет тепла просасываемых через слой материала дымовых газов, выходящих из печи, которая обычно в этом случае бывает короткой.

Во вращающейся печи (рисунок 2.1) сырьевая мука поступает из бункера *1* в тарельчатый гранулятор *2,* куда подается небольшое количество воды. Из гранулятора материал в виде гранул 5—20 мм с влажностью 12—15% поступает на конвейерный кальцинатор *3,* представляющий собой бесконечную колосниковую решетку, передвигающуюся в неподвижном металлическом кожухе, футерованном огнеупорным кирпичом. Высота слоя материала на решетке регулируется шибером и составляет 0,15— 0,25 м. Пространство над решеткой разделено стенкой на две камеры. В примыкающей к печи камере выходящие из вращающейся печи *4* газы с температурой 1000— 1100°С просасываются дымососом сверху вниз через лежащий на решетке слой гранул. При этом происходит весьма интенсивная теплоотдача. Затем дымовые газы очищаются от пыли в циклонах и просасываются вторым дымососом снизу вверх через слой гранул в более холодной камере. В ней происходит предварительная сушка материала при 200—330°С, что необходимо во избежание разрушения гранул при быстром испарении воды. Просыпающиеся через конвейерную решетку небольшие частицы сырья собираются в сборных воронках и направляются транспортером *6* в печь. Из печи горячий клинкер поступает в колосниковый холодильник 5.

Двухкратный просос газов через слой материала позволяет более полно использовать их тепло. При прохождении газов через слой гранул задерживается пыль, что уменьшает пылеунос, составляющий 1—2%. Температура поступающего в печь материала составляет примерно 800°С, а отходящих газов — 80—120°С. Расход тепла в печи с конвейерным кальцинатором равен 3360 — 4200 кДж на 1 кг клинкера. Недостаток этой печи в том, что кальцинатор представляет собой сложный в эксплуатации механизм, работающий при высокой температуре и требующий частых ремонтов. Наряду с этим для такой печи необходимо гранулирующееся сырье.

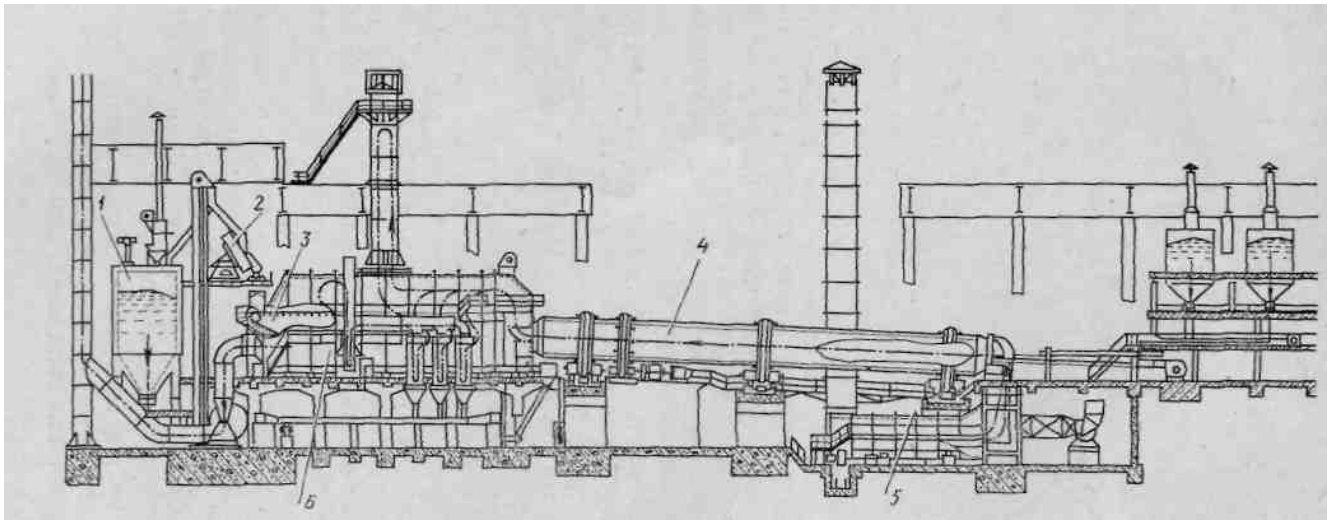


Рисунок 2.1 - Вращающаяся печь с конвейерным кальцинатором
1 - Бункер; 2 - Тарельчатый гранулятор; 3 - Конвейерный кальцинатор;
4 - Вращающаяся печь; 5 - Колосниковый холодильник; 6 - Транспортер.

Решетка кальцинатора (рисунок 2.2) представляет собой бесконечную ленту, составленную из отдельных металлических фасонных пластин — колосников 1 с узкими щелями. Живое сечение решетки — 12%, ширина—3— 4 м, длина—12—25 м. Верхнюю ветвь ленты называют рабочей, нижнюю — холостой. Основой решетки служат 4— 6 (в зависимости от ширины решетки) рядов цепи, составленных из отдельных звеньев 2, шарнирно соединенных между собой стальными осями 3, длина которых равна ширине решетки. Между соседними рядами звеньев цепи на оси свободно посажены промежуточные втулки 4. На втулки опираются передние концы двух колосников, задние концы которых

укладываются на переднюю часть колосников следующего по ходу решетки ряда. В нижней части колосников прикреплены угольники 5, которые предупреждают сползание колосника со втулки. На обоих концах осей установлены втулки 6, на которых укреплены борта 7, ограничивающие слой материала по ширине решетки. Рабочая ветвь решетки лежит на роликах 8, установленных с шагом около 0,5 м. Оси роликов располагаются в подшипниках 9, жестко укрепленных на корпусе кальцинатора.

Колосники при движении на холостой ветви поворачиваются вокруг осей и принимают вертикальное положение, при котором создается меньшее сопротивление газовому потоку.

С целью предупреждения подсоса газов из верхней части кальцинатора в нижнюю между боковыми стенками корпуса и решеткой смонтировано уплотнение. Оно состоит из двух чугунных фасонных балок 16, 17 и швеллера 14. К концам балок прикреплены сменные пластины 15, 18, изготовленные из жаропрочной стали. Между бортом 7 и балкой 16 на штоках 11 уложена чугунная плита 13. Штоки имеют возможность вертикального перемещения посредством пружин 10. Плита 13 прижата к нижней кромке борта 7. Асбестовая набивка 12 и материал 19 препятствуют проникновению горячих газов из верхней части кальцинатора в нижнюю. У разгрузочного конца кальцинатора смонтировано устройство, предназначенное для снятия сырьевой смеси с колосников и очистки бортов решетки.

Разгрузочное устройство (рисунок 2.3) состоит из ножа 2, к внешним кромкам которого прикреплены заостренные пластины-ограничители 5. Нож располагается поперек решетки и состоит по ширине из нескольких частей. Он свободно опирается на шарнирный упор 1 и с помощью пластин 3, 4 фиксируется таким образом, чтобы режущая кромка его касалась колосников, не надавливая на последние. При движении решетки сырьевая смесь с колосников счищается ножом 2, а с бортов – пластинами 5. Нож и пластины изготовляют из жаропрочной стали.

Щели колосников при работе забиваются мелкой пылью, вследствие чего нарушается технологический процесс. Для очистки щелей предназначено очистное устройство, расположенное на корпусе кальцинатора поперек решетки со стороны загрузочной части. Очистное устройство (рисунок 2.2) состоит из стальных дисков 1 с заостренными кромками. Диски свободно посажены на стержнях 2. Расстояние между дисками, равное расстоянию между щелями колосников, устанавливается промежуточными втулками, свободно насаженными на стержни. К двум втулкам жестко крепят концы пластин 3, вторые концы которых свободно подвешены на оси 4. Оси имеют свободное вращение в отверстиях кронштейнов 5, укрепленных на балке 6. Соединение балки 6 с балкой 8 корпуса кальцинатора производят посредством пластин 9. Грузы 7, закрепленные между каждыми двумя пластинами 3, предназначены для создания давления, необходимого для продавливания пыли через щели колосников.

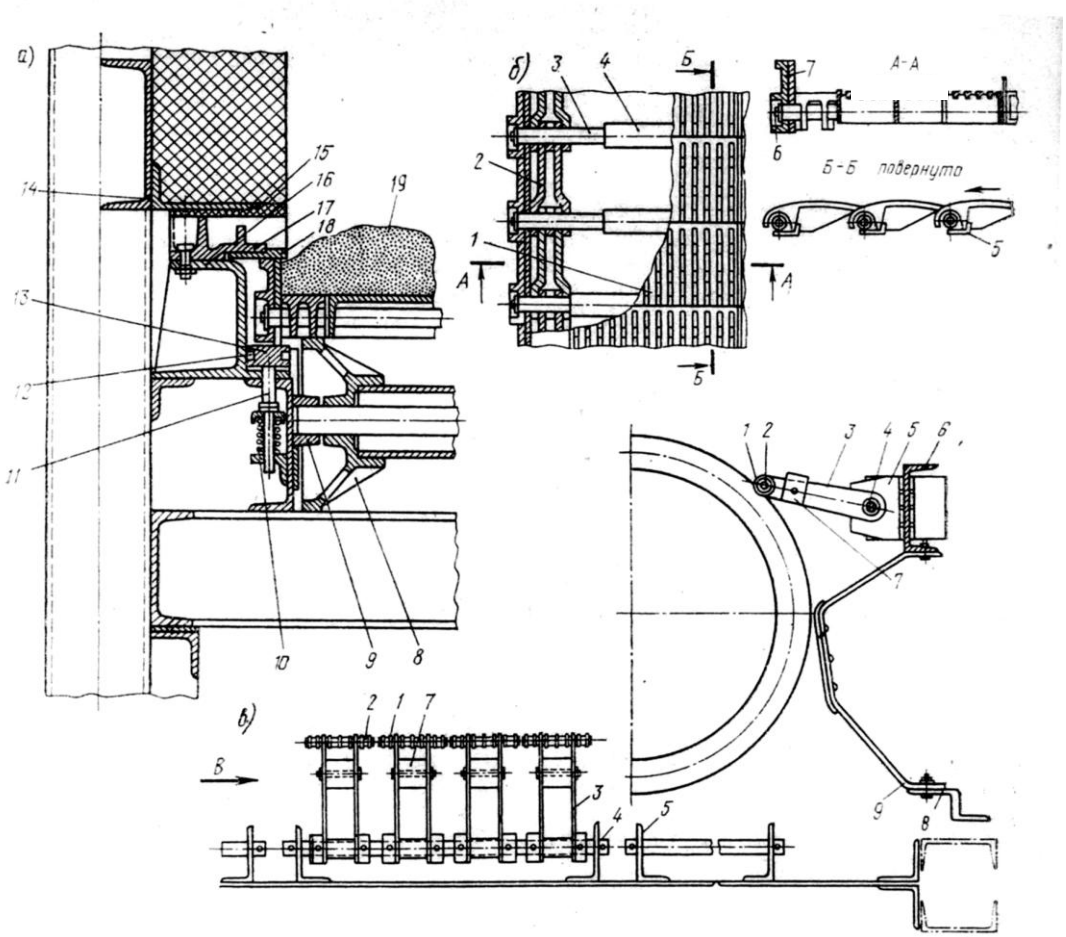


Рисунок 2.2 - Узлы кальцинатора: а – уплотнение; б – решетка; в – очистное устройство

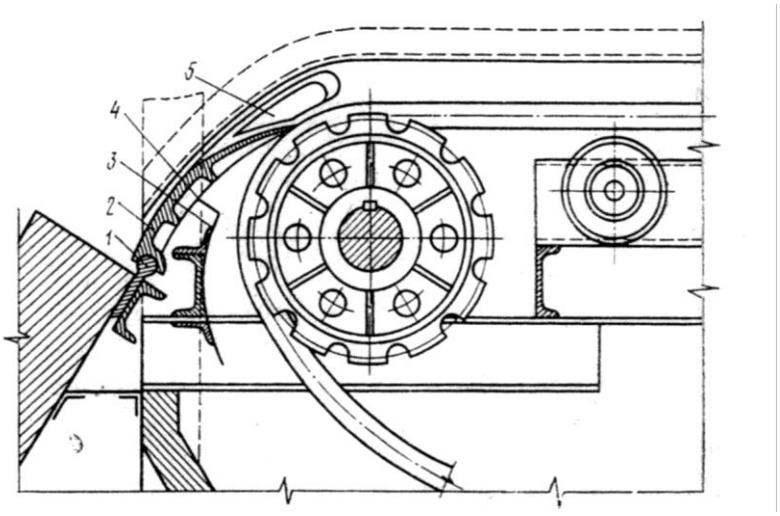


Рисунок 2.3 - Разгрузочное устройство
1- Шарнирный упор; 2- Нож; 3,4,5 - Пластины;

2-

Привод решетки состоит из электродвигателя, двух последовательно установленных редукторов и цепных передач.

Кальцинаторы сложны в изготовлении и эксплуатации и применяются на заводах небольшой мощности (250—850 т/сут). Подвижная решетка кальцинатора быстро изнашивается.

2.2 Патентные исследования

Рабочий орган кальцинатора «Леполь» представляет собой пластинчатый конвейер, только вместо пластин полотно состоит из колосников. Проведем патентные исследования, целью которых является модернизация несущего пути конвейерного кальцинатора «Леполь». Ретроспективность поиска: 30 лет. Поиск проведем на сайте Федерального института промышленной собственности WWW.FIPS. RU.

Патент № 2034201, Кл. F23H5/00

Колосниковая решетка

Изобретение относится к цементной промышленности. Колосниковая решетка, содержащая две установленные одна над другой решетки, имеющие различные площади пазов, отличающаяся тем, что между решетками выполнен

естественный зазор за счет шероховатости поверхности одной или обеих решеток, а отношение площади пазов верхней решетки к площади пазов нижней решетки равно 12:20.

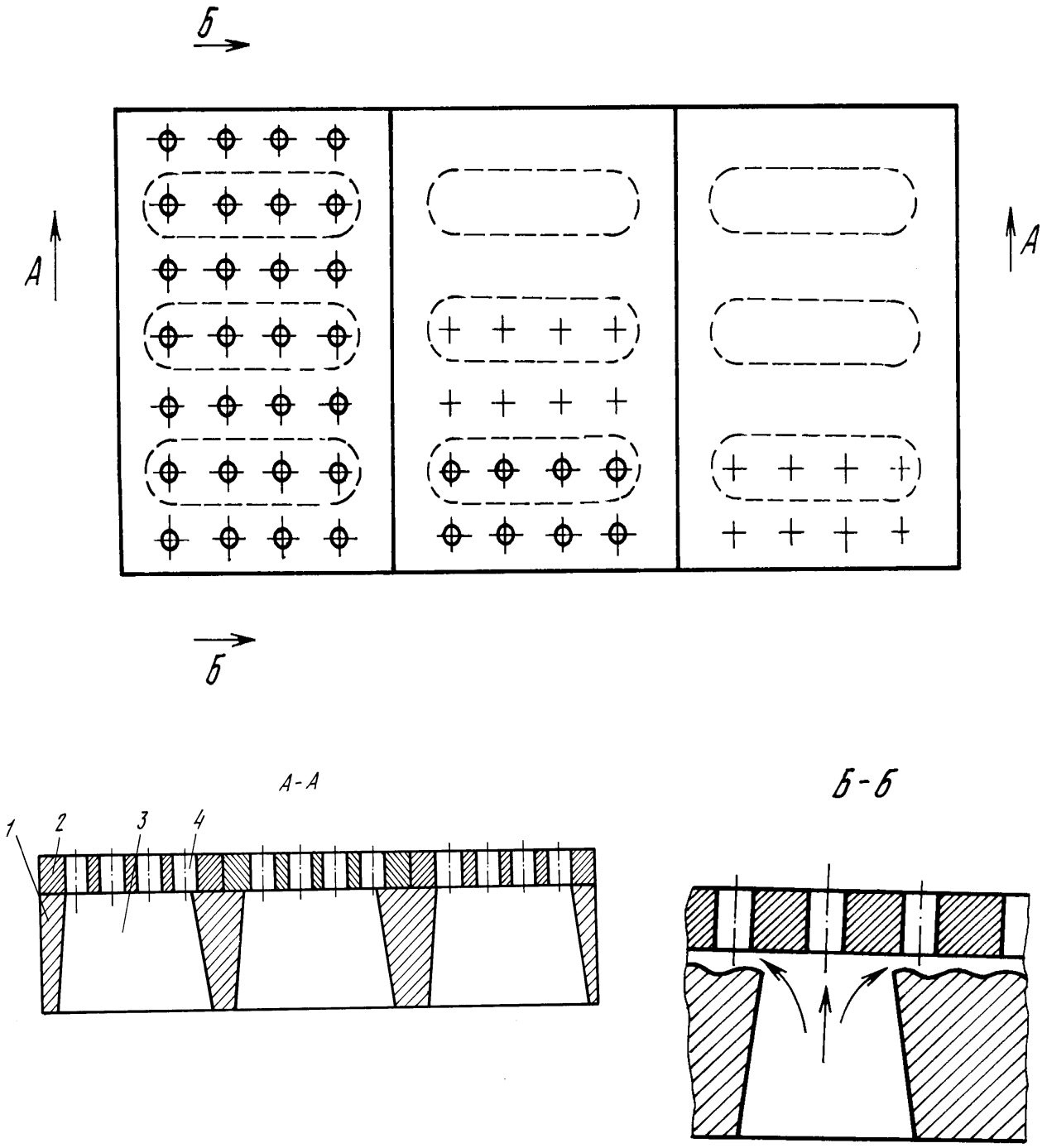


Рисунок 2.4 - Колосник

1 - Нижняя решетка; 2 - Верхняя решетка; 3 - Пазы; 4 - Отверстия.

Указанная цель достигается тем, что в колосниковой решетке, содержащей две решетки, установленные одна над другой, между решетками выполнен естественный зазор за счет шероховатости одной или обеих решеток. При этом пазы верхней решетки выполнены в форме круглых отверстий, равномерно или неравномерно размещенных по поверхности. Оптимальное отношение площадей отверстий верхней решетки к нижней равно 1,2.2,0.

Колосниковая решетка содержит нижнюю (основную) решетку 1, верхнюю 2. В нижней решетке выполнены пазы 3, в верхней отверстия круглой формы 4. Отверстия 4 не совмещены с пазами 3, только их часть, не более 50% может оказаться против пазов 3 (рисунок 2.4).

Таким образом, предложенная решетка, кроме новизны, обладает изобретательским уровнем, так как не была спроектирована ранее специалистами средней квалификации, несмотря на потребность промышленности в таких решетках, при ее положительных свойствах:

1) простоте конструкции,

2) дешевизне,

3) надежности,

4) постоянных характеристиках по воздуху (пропускной способности),

5) уменьшению просыпи клинкера.

Промышленная применимость предложенной колосниковой решетки не вызывает сомнений, так как она может быть изготовлена с использованием имеющегося оборудования путем установки данной решетки на имеющийся колосник с последующей заменой ее по мере необходимости.

Авторское свидетельство СССР № 351040, Кл. F23h 1/02

Колосниковая решетка

Изобретение относится к колосниковым решеткам и может быть использовано в печах и т. д.

Известны колосниковые решетки, содержащие чугунные плитчатые колосники с расположенными в шахматном порядке щелевидными отверстиями и охлаждаемыми ребрами.

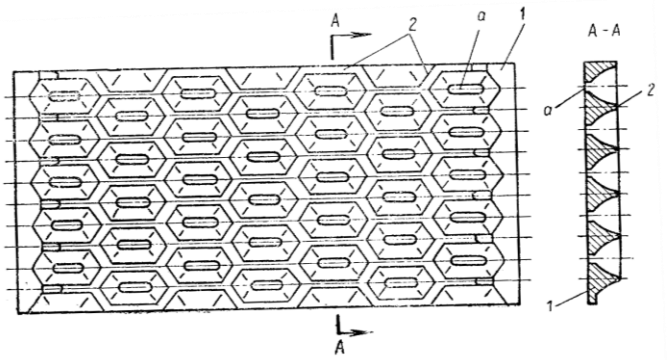


Рисунок 2.5 - Колосниковая решетка

1 - Колосник; 2 - Охлаждающие ребра; а - Щелевидные отверстия.

Целью изобретения является интенсификация охлаждения колосников и увеличение срока их службы.

Для этого охлаждающие ребра выполнены сотообразными и образуют сужающиеся каналы для подвода воздуха к отверстиям, размещенным в центре каждой соты.

Такое выполнение охлаждающих ребер позволяет интенсифицировать их охлаждение и повысить равномерность отвода тепла от них. В результате повышается срок службы охлаждающих ребер. Сотообразное выполнение ребер позволяет снизить усадочные напряжения, возникающие при изготовлении колосников (при охлаждении отливок). [1]

Патент № 2241906, Кл. F23H7/10

Колосниковая решетка

Технический результат достигается тем что, колосниковая решетка содержит по крайней мере один кулачковый вал, расположенный под пластинчатыми колосниками и взаимодействующий с последними. Кулачки на валу расположены со взаимоотносительным угловым поворотом рабочих

фаз взаимодействия их с колосниками, при этом общий угол программного цикла рабочих фаз взаимодействия всех кулачков с колосниками составляет менее 360°, а решетка дополнительно снабжена устройством регистрации закрытого положения колосников, установленным на кулачковом валу и соединенным линией связи с приводом. Программный цикл рабочих фаз движения колосников состоит из последовательно сменяющегося рабочего движения смежных колосников либо по направлению движения топлива, либо против направления движения топлива. Программный цикл рабочих фаз движения колосников состоит из последовательно сменяющегося рабочего движения несмежных колосников. Кулачки, взаимодействующие с последовательно движимыми по программе колосниками, установлены на валу с частичным перекрытием рабочих фаз. Кулачки на валу, взаимодействующие с первыми по направлению движения топлива одним или несколькими колосниками, имеют по крайней мере две рабочие фазы взаимодействия с колосниками. Рабочий размер кулачков, взаимодействующих по крайней мере с первыми двумя колосниками по направлению движения топлива, выполнен уменьшающимся в указанном направлении. Боковые поверхности колосников выполнены по радиусным кривым относительно их центра качания. Изобретение позволяет улучшить эксплуатационные свойства.

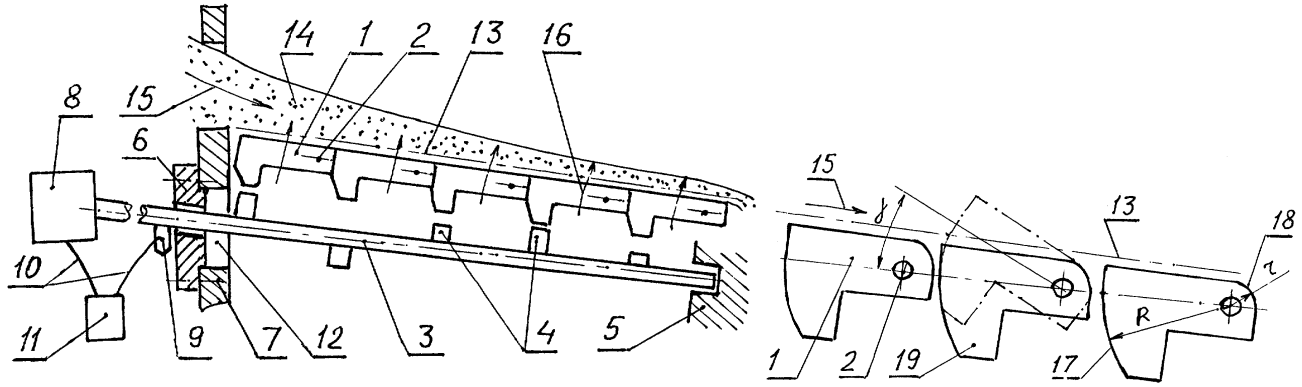


Рисунок 2.6 - Общий вид колосниковой решетки и колосников.

1 - Пластинчатый колосник; 2 - Оси; 3 - Вал; 4 - Кулачки; 5,6 - Опоры;

7 - Передняя стенка; 8 - Механизм привода; 9 - Устройство регистрации закрытого положения колосников; 10 - Линия связи; 11 - Устройство управления; 12 - Окно; 13 - Рабочая поверхность; 14 - Клинкер; 15 - Движение клинкера; 16 - Газы; 17,18 - Боковые поверхности; 19 - Ребро.

Патент № 2318170, Кл. F27B21/08

Колосниковая решетка

Колосниковая решетка конвейерной машины, содержащая подколосниковые балки и установленные на них колосники, размещенные с равномерным распределением в ряду по ширине колосниковой решетки на равном расстоянии от кромок соседних подколосниковых балок, отличающаяся тем, что величину площади зазоров колосниковой решетки в процентах S от площади поверхности решетки устанавливают из соотношения

$S=(20в/m+HB+10HRC)/(138÷142)$,

где в - предел прочности при растяжении жароизносостойкого чугуна, из которого изготовлены колосники, МПа;

m - жаростойкость жароизносостойкого чугуна колосника, г/м2;

HB - твердость по Бринеллю жароизносостойкого чугуна колосника;

HRC - твердость по Роквеллу жароизносостойкого чугуна колосника;

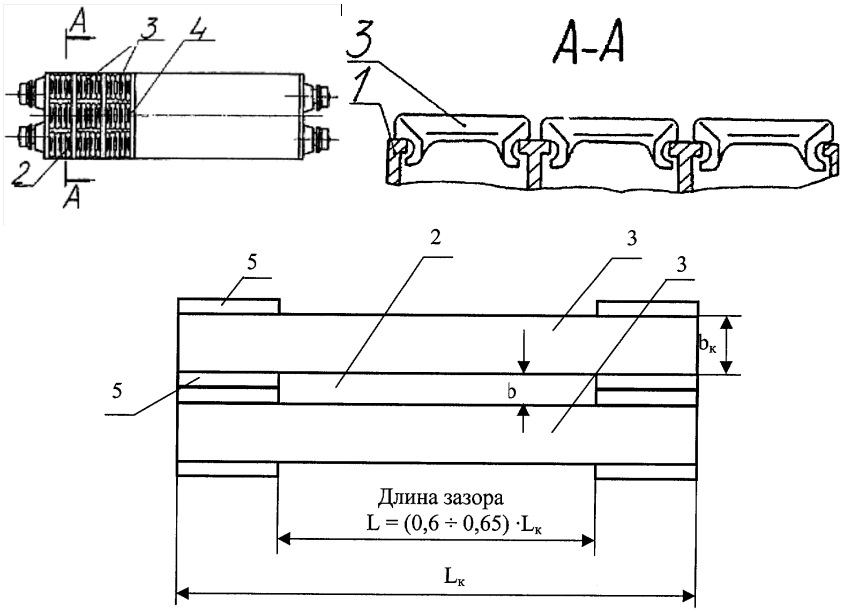


Рисунок 2.7- Колосниковая решетка

1 - Подколосниковые балки; 2 - Зазоры; 3 - Колосники короткие;

4 - Колосники длинные; 5 - Головки.

138÷142 - установленный опытным путем эмпирический коэффициент, величина которого выбрана в зависимости от ростоустойчивости чугуна колосников, причем ширина зазоров между колосниками равна 0,15÷0,25 ширины колосников между зазорами, а длина зазоров между колосниками равна 0,6÷0,65 длины колосников между балками.

2.3 Сущность модернизации

В качестве аналога для модернизации принимаем а/с №351040.

Целью модернизации является повышение надежности и долговечности грузонесущего полотна кальцинатора, удлинение трассы конвейерного кальцинатора на 12% и изменение конструкции колосниковой решетки.

На рисунке 2.6 изображена предложенная решетка, вид сверху и разрез по А—А.

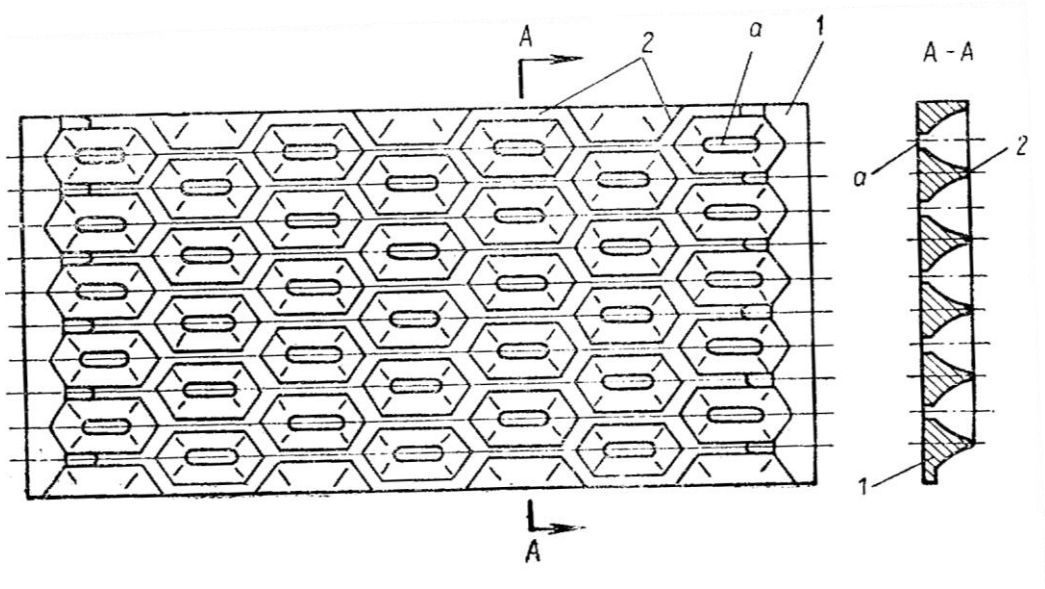


Рисунок 2.6 - Колосниковая решетка

1 - Колосник; 2 - Охлаждающие ребра; а - Щелевидные отверстия.

Колосник 1 выполнен в виде плиты с щелевидными отверстиями а для прохода дутьевого воздуха, размещенными в шахматном порядке, и охлаждающими ребрами 2. Последние выполнены сотообразными и образуют сужающиеся каналы для подвода воздуха к отверстиям а**,** размещенным по центру каждой соты.

Такое выполнение охлаждающих ребер позволяет интенсифицировать их охлаждение и повысить равномерность отвода тепла от них. В результате повышается срок службы охлаждающих ребер. Сотообразное выполнение ребер позволяет снизить усадочные напряжения, возникающие при изготовлении колосников (при охлаждении отливок).

Вывод: колосниковая решетка, содержащая колосники с расположенными в шахматном порядке щелевидными отверстиями и охлаждающими ребрами, отличающаяся тем, что, с целью интенсификации охлаждения и увеличения срока службы, ребра выполнены сотообразными и образуют сужающиеся каналы для подвода воздуха к отверстиям, размещенным в центре каждой соты.

Удлинение несущего пути кальцинатора на 3 метра приведет к увеличению производительности на 12%.

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет основных параметров вращающейся печи 4х60 м с конвейерным кальцинатором

3.1.1 Тяговый расчет рабочего органа кальцинатора

Разгрузка — в конце загруженной ветви. Режим работы — средний.

Ширина трассы кальцинатора $B = 3{,}9$ м

Принимаем шаг цепи $t = 400\ мм$. В соответствии с данными принимаем скорость ходовой части $\upsilon = 0{,}2\ м/с$.

В качестве тягового органа предварительно принимаем две пластинчатые катковые с ребордами на катках (тип 4) разборные цепи со сплошными валиками (исполнение 2) и разрушающей нагрузкой $F_{разр} = 112\ кН.$ Номер цепи – $M112$, обозначение цепи:

Цепь тяговая $M112-4-400-2$ ГОСТ 588–81.

Погонная масса груза, согласно,

$$q = Q/(3{,}6\upsilon) = 130/(3{,}6 \cdot 0{,}2) = 180\ кг/м. \qquad (3.1)$$

Из формулы найдем шаг расположения грузов на пастиле

$$t_p = m/q = 180/180 = 1м.$$

Приближенно погонная масса ходовой части конвейера по формуле

$$q_{х.ч} \approx 60 \cdot 0{,}8 + 45 = 93\ кг/м,$$

где для легкого груза $(\varphi < 1)$ из таблицы принят $K = 45$.

Принимаем коэффициент сопротивления движению $w = 0{,}1$ (диаметр валика цепи — менее 20 мм).

Приняв наименьшее натяжение цепей в точке их сбегания с приводных звездочек $F_{\min} = F_1 = 1000\,Н,$ найдем из формулы тяговую силу конвейера ($F_б$ и $F_{п.р.}$ равны нулю):

$$F_0 = 1{,}05 \cdot [F_{\min} + g(wqL_r^r + 2wq_{x.ч}L_r \pm qH)] = 1{,}05 [1000 + 9{,}81(0{,}1 \cdot 180 \cdot 45 + 2 \cdot 0{,}1 \cdot 93 \cdot 45)] =$$
$$= 18015\ H \qquad (3.2)$$

Число зубьев звездочек для тяговых цепей z=26.

Динамическая нагрузка на цепи по формуле

$$F_{дин} \approx \frac{60 \cdot 0{,}2^2 \cdot 45}{6^2 \cdot 0{,}4}(80 + 1{,}5 \cdot 93) = 2396\,H. \qquad (3.3)$$

Определим натяжение в характерных точках трассы кальцинатора методом обхода по контуру и уточним значение F_0.

Обход начинаем от точки с наименьшим натяжением $F_{\min} = F_1 = 1000H.$

Сопротивление на участке холостой, ветви конвейера $F_x = q_{x.ч}qwL = 93 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1 \cdot 45 = 4105\ H$ то же, на загруженной ветви согласно

$$F_r = (q + q_{x.ч})gwL = (80 + 93) \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1 \cdot 45 = 12052\ H. \qquad (3.4)$$

Натяжение цепей в точке набегания цепей на натяжные звездочки

$$F_2 = F_1 + F_x = 1000 + 4105 = 5105\,H. \qquad (3.5)$$

Сопротивление на натяжных звездочках по формуле $F_{пов} = F_2(1{,}05 - 1) = 0{,}05F_2$

Натяжение цепей в точке сбегания с натяжных звездочек

$$F_3 = F_2 + F_{пов} = F_2 + 0{,}05F_2 = 1{,}05 \cdot 5105 = 5360\,H. \qquad (3.6)$$

Натяжение в точке набегания загруженных ветвей цепей на приводные звездочки

$$F_4 = F_3 + F_r = 5360 + 12\,052 = 17\,412\ \text{Н} \qquad (3.7)$$

Натяжение в набегающих на приводные звездочки тяговых цепях с учетом сопротивлений на поворотном пункте (на приводных звездочках)

$$F_{наб} = F_4 + F_4(k_n - 1) = k_nF_4 = 1{,}05 \cdot 17412 = 18283\,H \qquad (3.8)$$

Уточненное значение тяговой силы конвейера

$F_0 = F_{наб} - F_1 = 18283 - 1000 = 17283\ H,$ что отличается от полученного ранее на 4%.

Из формул найдем расчетное натяжение одной цепи

$$F_{расч}^{ц} = 0{,}6(F_{\max} + F_{дин}) = 0{,}6(8{,}283 + 2396) = 12407\ H, \qquad (3.9)$$

где $F_{\max} = F_{наб}$.

Разрушающая нагрузка цепи при коэффициенте запаса прочности $k=8$ по условию $F_{разр}=8\cdot 12407=99256\ H=99{,}26\ кН,$ т. е. меньше разрушающей нагрузки (112 кН) выбранной цепи.

Необходимая мощность на приводном валу конвейера

$$P_0=10^{-3}F_0\,\upsilon=10^{-3}\cdot 17283\cdot 0{,}2=3{,}45\ кВт=3450\ Вт \qquad (3.10)$$

Требуемая мощность двигателя при КПД привода η = 0,94 и коэффициенте запаса $k=1{,}2;$ $P=1{,}2\cdot 3{,}45/0{,}94=4{,}41\ кВт=4410\ Вт$

Выбираем электродвигатель 4А132М8У3 мощностью 5500 Вт с частотой вращения 720 мин$^{-1}$=12с$^{-1}$.

Частота вращения приводного вала конвейера $n_{п.в}=60\cdot 0{,}2/(\pi\cdot 0{,}4)=0{,}083c^{-1}$.

Передаточное число привода $u=12/0{,}083=144$.

Принимаем кинематическую схему привода, состоящую из клиноременной передачи и редуктора.

Для машин непрерывного действия $k_p=1$, из таблицы выбираем редуктор КЦ2-750, имеющий передаточное число $u_p=118,$ с мощностью на быстроходном валу $P_p=6500\ Вт$ при частоте вращения этого вала $n_б=10c^{-1}$.

При этом передаточное число клиноременной передачи

$$u_{к.п}=u/u_p=144/118=1{,}22.$$

3.1.2 Расчет производительности вращающейся печи Ø4х60 м

Исходные данные: печь сухого способа производства, диаметр $D=4\,м,$ длина $L=60\ м,$ частота вращения $n=0{,}0208c^{-1}$, уклон печи $i=3{,}5\%=0{,}035$,

количество опор –3

Производительность печи

$$П=\frac{3{,}6\cdot N_T}{q_n} \qquad (3.11)$$

где N_T – тепловая мощность печи,

$$N_T=k_N D_{св}^2 L k_n=45\cdot 3{,}4^2\cdot 60\cdot 0{,}97=30276\ кв/ч$$

$k_N = 45$ – для печей сухого способа производства,

$D_{св}$ – диаметр печи в свету, $D_{св} = D - 2\delta = 4 - 2 \cdot 0{,}3 = 3{,}4\,м$,

δ – толщина футеровки в зоне спекания, $\delta = 0{,}3\,м$;

k_n – поправочный коэффициент, $k_n = 0{,}97$;

q_n – удельный расход тепла на обжиг клинкера, $q_n = 3600\ кДж/кг$ клинкера.

$$П = \frac{30276 \cdot 3{,}6}{3600} = 30\,т/ч = 8{,}3 кг \cdot с$$

Тепловое выражение в зоне спекания проверяем, используя выражения:

$$\sigma_T = \frac{4 \cdot N_T}{\pi D_{св}^2} = \frac{4 \cdot 30276}{3{,}14 \cdot 3{,}4^2} = 3336\ кВт/м^2 \qquad (3.12)$$

Полученный результат не превышает допустимых значений (до $6000\ кВт/м^2$ для сухого способа производства).

Производительность печи как транспортирующего агрегата рассчитываем по формуле:

$$П = \frac{\pi D_{св}^2}{4} \varphi \rho_{ср} \upsilon_{ср} = \frac{3{,}14 \cdot 3{,}4^2}{4} \cdot 0{,}08 \cdot 1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 26{,}9 = 6{,}39 кг/с = 23\,т/ч \qquad (3.13)$$

Здесь средняя скорость движения материала в печи $\upsilon_{ср} = \pi D_{св} in 60 = 3{,}14 \cdot 3{,}4 \cdot 0{,}035 \cdot 1{,}3 \cdot 60 = 26{,}9\,м/ч$; средняя плотность материала $\rho_{ср} = 1{,}2 \cdot 10^3\ кг/м^3$; средний коэффициент заполнения сечения печи $\varphi = 0{,}08$.

3.1.3 Мощность привода вращения печи

Для определения мощности рассчитываем моменты сил сопротивления вращению печи. Момент, вызываемый внецентренно расположенным в печи материалом $M_1 = G_м a = 515614 \cdot 0{,}65 = 335149\ Н \cdot м$, (3.14)

где $G_м$ – вес материала в печи,

$$G_м = F_м \rho_{ср} g L = 0{,}73 \cdot 1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 60 = 515614\ Н. \qquad (3.15)$$

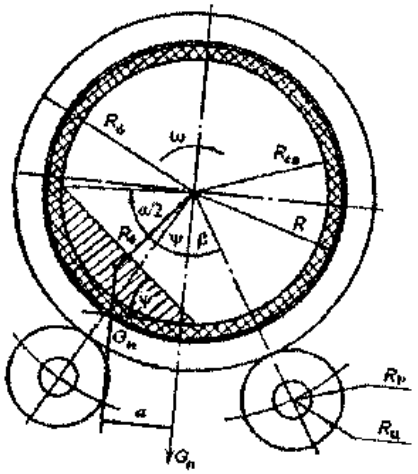


Рисунок 3.1 - Схема к определению потребляемой мощности вращающейся печью Ø4х60 м

Площадь материала в печи

$$F_м = \frac{\pi D_{св}^2}{4}\varphi$$
$$F_м = \frac{3{,}14 \cdot 3{,}4^2}{4} \cdot 0{,}08 = 0{,}73\,м^2 \qquad (3.16)$$

где a – расстояние от вертикальной оси сечения печи до центра тяжести сечения материала,

$$a = R_o \sin\psi = 1{,}43 \cdot \sin 27° = 0{,}65\,м; \qquad (3.17)$$

угол откоса материала в печи, $\psi = 27°$.

Расстояние от центра тяжести сечения материала до оси вращения R_o можно найти по формуле $R_0 = \frac{2\left(\frac{D_{св}}{2}\right)^3 \sin^3\frac{\alpha}{2}}{A_м}$ и с помощью рисунка 3.2.

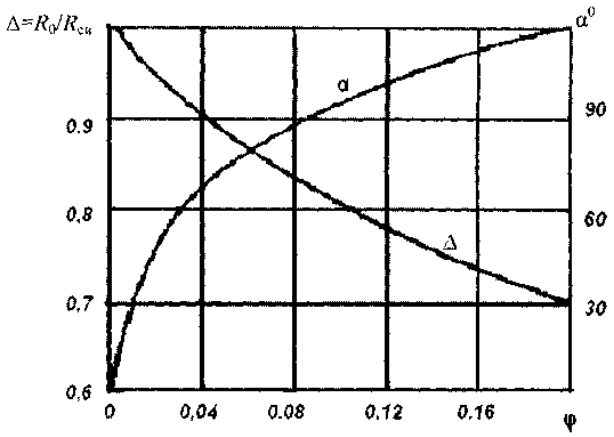


Рисунок 3.2 - График зависимости $\Delta = R_0 / R_{св}$ от φ

В соответствии с графиком при $\varphi = 0{,}08$; $\Delta = R_o / R_{св} = 1{,}43/1{,}7 = 0{,}84$. Поскольку $R_{св} = \frac{D_{св}}{2} = \frac{3{,}4}{2} = 1{,}7\,м$, то $R_o = R_{св}\Delta = 1{,}7 \cdot 0{,}84 = 1{,}43\,м$.

Момент силы трения качения бандажа по роликам:

$$M_2 = \frac{G_{об}\mu}{\cos\beta \cdot R_p}(R_p + R_б) \qquad (3.18)$$

$G_{об}$ – общий вес печи, $G_{об} = G_п + G_м = 8{,}56 \cdot 10^6 H + 0{,}35 \cdot 10^6 H = 8{,}91 \cdot 10^6 H$

$G_п$ – вес вращающихся частей печи,

$G_п = 8{,}56 \cdot 10^6 H$, β – угол установки роликов относительно вертикальной оси $\beta = 32{,}5°$,

μ – коэффициент трения качения бандажей по роликам, $\mu - 0{,}0005\,м$;

R_p, $R_б$ – радиусы ролика и бандажа, по таблице 2.1 $R_p = 0{,}6м$; $R_б = 2{,}5м$.

$$M_2 = \frac{8{,}91 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0005}{\cos 32{,}5° \cdot 0{,}6} \cdot (0{,}6 + 2{,}5) = 27292\ H \cdot м$$

Момент силы трения в подшипниках роликоопор, приведённый к оси вращения печи, определяется по формуле:

$$M_3 = \frac{G_{об} + zG_p}{\cos\beta} f \frac{R_u}{R_p} R_б \qquad (3.19)$$

где z_p – число опорных роликов, $z_p = 6$;

G_p – вес одного ролика вместе с осью, $G_p = 10{,}8 \cdot 10^4 H$;

f – коэффициент трения конических роликоподшипниках опор, $f = 0{,}008$.

$$M_3 = \frac{8{,}91 \cdot 10^6 + 6 \cdot 10{,}8 \cdot 10^4}{\cos 32{,}5°} \cdot 0{,}008\,\frac{0{,}175}{0{,}6}\,2{,}5 = 63867\ H \cdot м$$

Необходимую мощность электродвигателя находим по формуле:

$$N = \frac{(M_1 + M_2 + M_3)\omega}{1000 \cdot \eta_{гл}} = \frac{(35149 + 27292 + 63867) \cdot 0{,}12}{1000 \cdot 0{,}95} = 49\,0 кВт = 490000\ Вт \qquad (3.20)$$

где $\eta_{гл}$ – к.п.д. привода, $\eta_{гл} = 0{,}95$; ω – угловая скорость печи, при максимальной частоте вращения $n = 1{,}15 об/мин$, $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}15}{30} = 0{,}12\ рад/с$

Принимаем электродвигатель АКЗ-13-52-8 мощностью $N = 500 \cdot 10^3 Вт$ и частотой вращения $n_{дв} = 740\ об/мин. = 11{,}48 с^{-1}$

3.1.4 Расчет мощности вспомогательного привода

Крутящий момент барабана вращающейся печи определяем по формуле:

$$M_{кр} = \frac{0{,}974}{n} \cdot N, кНм \qquad (3.21)$$

где N – мощность главного привода печи, кВт; N = 100 кВт,

n – частота вращения корпуса печи от главного привода, n = 1,2 мин$^{-1}$ = 0,02с$^{-1}$

$$M_{кр} = \frac{0{,}974}{1{,}2} \cdot 100 = 81{,}166 кНм$$

Мощность вспомогательного привода определяем по формуле:

$$N_{всп} = \frac{M_{кр} \cdot n_{всп}}{0{,}974 \cdot \eta}, кВт \qquad (3.22)$$

где $n_{всп}$ – частота вращения корпуса печи от вспомогательного привода,

$n_{всп}$ = 0,066 мин$^{-1}$;

η - КПД вспомогательного привода, η = 0,95.

$$N_{всп} = \frac{81{,}166 \cdot 0{,}066}{0{,}974 \cdot 0{,}95} = 5{,}79 \cdot 10^3 Вт = 5{,}79 кВт$$

Выбираем электродвигатель типа АОП52-4 (N = 7 кВт, n = 24 с$^{-1}$, V = 380 В).

3.1.5 Тепловой расчет запечного контактного теплообменника

Расчет при проектировании установки делается по заданным температурам теплоносителей на входе и выходе, их удельным расходам и производительности печи:

- Вращающаяся печь - 4х60 м
- Производительность - 38,1 т/час = 10,59 кг/с
- Расход тепла - 997,5 ккал/кг = 4,176 мДж/кг

В этом случае предварительно выбираем принципиальную тепловую схему и тип кальцинатора, а затем расчетом устанавливают его габариты, поверхность

теплообмена, необходимую продолжительность процесса и аэродинамическое сопротивление.

Проверочный расчет оптимального режима работы агрегата может быть сделан тогда, когда известны габариты, конструкция и тепловая схема кальцинатора, а также результаты его, испытаний.

Тепловой и аэродинамический расчет запечного теплообменника сводится к совместному решению уравнения теплового баланса, теплопередачи и потока материала по решетке. В изложенном далее методе расчета принимаются следующие допущения:

а) предполагается, что горячая пыль, вынесенная газами из печи в теплообменник, полностью прокалена, т.е. технологические газы и пары из нее удалены, а также пыль улавливается в фильтрующем слое материала и возвращается вместе с ним в печь;

б) испарение физической влаги, а также распад каолинита и углекислого магния полностью протекают в запечном теплообменнике, а распад углекислого кальция происходит в нем частично;

в) провал через решетку запечного теплообменника является высушенным сырьем и либо полностью возвращается после вторичной грануляции обратно в кальцинатор, либо без грануляции загружается в печь, т.е. не теряется;

г) коэффициент теплоотдачи и аэродинамическое сопротивление отнесены соответственно к эквивалентной поверхности и эквивалентному диаметру свежегранулированной сырьевой смеси, без учета изменения этих параметров во время нахождения материала на конвейерной колосниковой решетке;

д) учитывается также неизбежность подсосов окружающего воздуха под кожух запечного теплообменника.

Исходные данные:

Химический состав сырьевой смеси, %

SiO_2.....14,94%

Al_2O_3…….3,21%

Fe_2O_3…….2,56%

CaO……42,68%

MgO……..1,06%

SO_3…….0,27%

1. Потери при прокаливании, %.....35,28%

2. Сумма……100%

3. Коэффициент насыщения, *КН*……..0,9

4. Влажность гранул, поступающих в теплообменник, Wc, %....12,95

5. Зерновой состав сырьевых гранул, %

12-14 мм……5%

12-8 мм……..78%

8-6 мм……17%

6. Насыпной вес сырьевых гранул γ, кг/м……1035

7. Удельный вес сырьевых гранул $\gamma_{каж}$, кг/м……2000

8. Унос горячей пыли из печи с кальцинатором $К_{ун}$, %.....15

9. Безвозвратный унос пыли из кальцинатора $а_{ун}$, %.....3,8

10. Провал сырья через решетку кальцинатора $К_{пр}$, %.....20

11. Подсос окружающего воздуха в кальцинатор $К_{окр}$, %.....40

12. Температура окружающего воздуха $t_в$, град……..20^0C

13. Степень декарбонизации углекислого кальция в кальцинаторе β, доли единиц……0,40

14. Температура сырья:

- на входе в кальцинатор t_c, град…….35^0C

- на выходе из кальцинатора $t_c^к$, град……..980^0C

15. Температура газов уходящих из кальцинатора $t_{о.г.}$, град…….120^0C

16. Состав применяемого газообразного топлива, %

- метан CH…….98,79%

- двуокись углерода CO_2……..0,023%

- азот N_2……..0,754%

17. Теплотворность топлива $Q_н^р$, ккал/$нм^3$……..7960

18. Коэф. избытка воздуха при горении топлива α, (доли единиц)…1,1

Таблица 3.1 - Химический состав сырьевой смеси

Наименование	Объем нм^3/кг клинкера	Вес кг клинкера
Двуокись углерода CO_2	(997,5/7960)·0,01(98,79+0,023)=0,124	0,124·1,96=0,243
Азот N_2	(997,5/7960)·(1,1·0,79·0,0476·2·98,79+ +0,01·0,754)=1,025	1,025·1,25=1,281
Водяной пар	(997,5/7960)·(0,01·2·98,79+1,1·0,047·2· ·98,79·0,0161)=0,268	0,268·0,804=0,215

3.1.5.1 Тепловой баланс запечного теплообменника

а) Приходные статьи теплового баланса

1 Теплосодержание горячих газов, поступающих в теплообменник (с учетом присоса окружающего воздуха), Дж/кг клинкера:

$$Q_Г^{ГОР} = G_{О.Г.}^{Т} x^{Т} C_{О.Г.} + G_{CO_2}^{n} C_{CO_2}^{n} t_{О.Г.}^{n} + G_B^{ОКР} C_B t_B \qquad (3.23)$$

где: $t_{О.Г.}^{n}$ - температура выходящих из печи газов (град);

t_B - температура окружающего воздуха (град);

$C_{О.Г.}$ - весовые теплоемкости топочных газов;

C_{CO_2} - весовая теплоемкость технологического углекислого газа;

C_B - весовая теплоемкость воздуха,

$$Q_Г^{ГОР} = 1{,}857 C_{CO_2} t_{О.Г.}^{n} + 1{,}067 \cdot 0{,}239 \cdot 20 = 1{,}857 \cdot C_{CO_2} t_{О.Г.}^{n} + 5{,}1$$

2 Теплосодержание гранулированной сырьевой смеси, Дж/кг клинкера

$$Q_{СЦ} = G_{CW} - G_W^{Ф} C_C + G_W^{Ф} t_C \qquad (3.24)$$

где: t_C - температура гранулированного сырья, град; C_C - теплоемкость сырого сырья при данной температуре, (Дж/кг клинкера),

$$Q_{СЦ} = (0,893 - 0,245 \cdot 0,2 + 0,245 \cdot 35 = 20,111 ккал/кг = 84184\ Дж/кг$$

3 Теплоиспользование в результате циркуляции горячей, полностью прокаленной сырьевой пыли и топливной золы между печью и теплообменником, ккал/кг:

$$Q_{УН}^{ГОР} = G_{УН}^{ГОР}(t_{О.Г.}^{n} C'_{УН} - t_C^K C''_{УН}) \quad (3.25)$$

где: t_C^K - температура подогретого материала поступающего из кальцинатора в печь, (град);

$$Q_{УН}^{ГОР} = 0,2726 \cdot (200 \cdot 0,24 - 980 \cdot 0,22) = 19,73^{\circ} C$$

4 Рекуперация тепла в результате охлаждения безвозвратного, частично прокаленного уноса пыли, от начальной средней ее температуры до температуры газов и паров, уходящих из теплообменника, ккал/кг клинкера;

$$Q_{УН}^{РЕК} = G_{УН}^{С} 0,5(t_C^K C''_{УН} - t_{О.Г.} C_{УН}) \quad (3.26)$$

где: $t_{О.Г.}$ - температура газов и паров уходящих из теплообменника, (град);

$C'_{УН}$, $C''_{УН}$, $C_{УН}$ - теплоемкость пыли (ккал/кг, град) при температурах соответственно $t_{О.Г.}^{n}$, t_C^K и $t_{О.Г.}$,

$$Q_{УН}^{РЕК} = 0,0525 \cdot 0,5(980 \cdot 0,22 - 120 \cdot 0,2) = 5,0295 = 21053\ Дж/кг$$

5 Рекуперация тепла в результате охлаждения гидратной (химически связанной) влаги от температуры дегидратации каолинита (г=500ºС) до температуры газов и паров, уходящих из теплообменника, ккал/кг клинкера:

$$Q_W^{РЕК} = G_W^{Г}(632 - 0,47 t_{О.Г.}) = 0,0172 \cdot (632 - 0,47 \cdot 120) = 3,02 = 12641\ Дж/кг \quad (3.27)$$

6 Рекуперация тепла в результате охлаждения технологического углекислого газа от конечно температуры нагрева до температуры газов и паров, уходящих от теплообменника, ккал/кг клинкера:

$$Q_{CO_2}^{РЕК} = G_{CO_2}^{K}(0,26 t_C^K - 0,22 t_{О.Г.}) = 0,207 \cdot (0,26 \cdot 980 - 120 \cdot 0,22) = 47,278 = 197,94\ Дж/кг$$

7 Приходная статья теплового баланса теплообменника, ккал/кг (Дж/кг) клинкера:

$$Q_{ПРИХ} = 1,857 C_{CO_2} t_{О.Г.}^{n} + 100,2685$$

б) Расходные статьи теплового баланса запечного теплообменника

1 Расход тепла на испарение физической влаги сырья, ккал/кг клинкера:

$$Q_W^{\Phi} = G_W^{\Phi}(597 + 0{,}47 t_{O.\Gamma.}) \tag{3.28}$$

$$Q_W^{\Phi} = 0{,}245(597 + 0{,}47 \cdot 120) = 160{,}083 = 670241\ Дж/кг$$

2 Расход тепла на подогрев сухой сырьевой смеси от начальной температуры до температуры дегидратации каолинита (t=500ºC) ккал/кг клинкера:

$$Q_C^{СУХ} = (G_{CW} - G_W^{\Phi})(500C - t_C C_C) = (1{,}893 - 0{,}245)(500 \cdot 0{,}21 - 35 \cdot 0{,}2) = 161{,}5 = 676876\ Дж/кг$$

3 Расход тепла на дегидратацию каолинита, ккал/кг клинкера:

$$Q_W^{\Gamma} = G_W^{\Gamma} \frac{M(Al_2H_2)}{M(H_2O)} 223 = G_W^{\Gamma} \cdot 1565 = G_W^{\Gamma} \cdot 6551090\ Дж/кг \tag{3.29}$$

где: $M(Al_2H_2)$ и $M(H_2O)$ - молекулярный вес каолинита и двух молекул воды; 223 – тепловой эффект дегидратации каолинита, ккал/кг,

$$Q_W^{\Gamma} = 0{,}0172 \cdot 1565 = 26{,}918 = 112678{,}75\ Дж/кг$$

4 Расход тепла на подогрев дегидратированного сырья от 500ºC до конечной температуры материала, выходящего из теплообменника, ккал/кг клинкера:

$$Q_C^{дег} = [G_{CW} - (G_W^{\Phi} + G_W^{\Phi})C_C^{K}]C_C'' - 500C_C' \tag{3.30}$$

где: C' и C'' - теплоемкость сырья (ккал/кг, град), при температурах – соответственно 500ºC и t_C^K,

$$Q_C^{дег} = [1{,}893 - (0{,}245 + 0{,}0172)(480 \cdot 0{,}22 - 500 \cdot 0{,}21) = 180{,}316 = 754802{,}7\ Дж/кг$$

5 Расходы тепла на декарбонизацию углекислого кальция, углекислого магния, ккал/кг(Дж/кг) клинкера:

$$Q_C^{дег} = (G_{CW} - G_W^{\Phi})\left(\frac{CaO^C \beta}{56} 396 + \frac{MgO^C 0{,}84}{40} 195\right) = (G_{CW} - G_W^{\Phi})(7{,}08 CaO^C \beta + 4{,}09 MgO^C) \tag{3.31}$$

где: 396 и 195 – тепловые эффекты декарбонизации, ккал/кг исходного продукта, соответственно $CaCO_3$ и $MgCO_3$,

$$Q_C^{дег} = (1{,}893 - 0{,}245)(7{,}08 \cdot 42{,}68 \cdot 0{,}35 + 4{,}095 \cdot 1{,}06) = 181{,}45 = 759549{,}7\ Дж/кг$$

6 Потери тепла с газами и парами, уходящими из теплообменника, ккал/кг клинкера,

$$Q_{O.Г.} = \left(G^{T}_{O.Г.} x^{T} c^{T} + \left(G^{n}_{CO_2} + G^{n}_{CO_2}\right) c_{CO_2} + G^{г}_{W} c_{В.П.} + G^{OKP}_{B} c_{B}\right) \underline{t}_{O.Г} \qquad (3.32)$$

где: $c^{T}_{Г}$, c_{CO_2}, $c_{ВП}$, c_{B} - весовые теплоемкости топочных газов, углекислого газа, водяного пара и воздуха при температуре $t_{O.Г.}$,

$$Q_{O.Г.} = \left[\begin{array}{l}\left(0{,}243 + 0{,}35 + 0{,}207\right)0{,}212 + \left(0{,}893 + 0{,}0712\right)0{,}45 + \\ + \left(0{,}2081 \cdot 0{,}2499\right) + \left(0{,}03 \cdot 0{,}223\right) + \left(0{,}063 + 0{,}241\right)\end{array}\right] 120 = 193 = 807898\ Дж/кг$$

7 Потери тепла с безвозвратным, частично прокаленным уносом пыли, ккал/кг клинкера,

$$Q^{O.Г.}_{УН} = G^{C}_{УН} c_{УН} t_{O.Г.} = 0{,}0525 \cdot 0{,}2 \cdot 120 = 1{,}26 = 5274{,}6 Дж/кг \qquad (3.33)$$

8 Потери тепла стенками теплообменника в окружающую среду.

В связи с трудностью аналитического решения задачи, определяется по практическим данным в долях количества тела, теряемого с уходящим из кальцинатора газами и парами, ккал/кг клинкера,

$$Q_{O.C.} = mQ_{O.Г.} = 0{,}1 \cdot 193 = 19 = 79534\ Дж/кг \qquad (3.34)$$

9 Расходная статья теплового баланса теплообменника, ккал/кг клинкера,

$$Q_{расход} = 955{,}455 = 3999534{,}63 Дж/кг$$

3.1.5.2 Полезный расход тепла и КПД кальцинатора

1 Полезный расход тепла, ккал/кг клинкера

$$\begin{array}{l}Q_{ПОЛ} = Q^{Ф}_{W} + Q_{C} + Q^{г}_{W} + Q^{дек}_{C} = 160{,}5 + 26{,}92 + 180{,}36 + 181{,}45 = 710{,}32 = \\ = 2973 \cdot 10^{3}\ Дж/кг\end{array} \qquad (3.35)$$

2 Тепловой КПД кальцинатора:

$$\begin{array}{l}\eta = \dfrac{Q_{ПОЛ}}{Q_{РАСХ}} \\ \eta = \dfrac{710{,}32}{955{,}455} = 0{,}743\end{array} \qquad (3.36)$$

3.1.6 Материальный баланс запечного теплообменника

а) Расходные статьи материального баланса

1. Расход гранулированной сырьевой смеси (ккал/кг клинкера):

$$G_{cw} = 100\left[\frac{(100 - aA^P x^T)(100 + 0{,}01K_{кр}W_c)}{(100 - ППП^c)(100 - a_{ун})(100 - W_c)}\right],$$

где: A^P, а, x^T, - зольность топлива, (%), присадка золы в сырьевую смесь (долей единиц) и удельный расход топлива (ккал/кг клинкера);

$ППП^C$ и W^C – потери при прокаливании сухого сырья и влажность гранулированного сырья, %;

$а_{ун}$ и $К_{пр}$ – безвозвратный унос сырья и провал его через решетку, процент от расхода сухой сырьевой смеси,

$$G_{CW} = 100\frac{100(100 + 0{,}01 \cdot 20 \cdot 12{,}95)}{(100 - 35{,}28)(100 - 3{,}8)(100 - 12{,}95)} = 1{,}893 = 7924{,}1$$

2. Расход горячих газов из печи, (ккал /кг клинкера): $G_{о.г.}$ – 1507 (ккал /кг клинкера) – топочные газы,

$$G_Г^{гор} = (G_{о.г.}^T \cdot X^T) + G_{co}^n \qquad (3.37)$$

$G_{о.г.}$ – весовой выход топочных газов и паров при сжигании одного килограмма топлива, (ккал /кг топлива):

$$G_{о.г.}^T = V_{co}^T \cdot \gamma_{co} + V_{co}^T \cdot \gamma_{so} + V_N^T \cdot \gamma_N + V_O^T \cdot \gamma_O + V_{HO}^T \cdot \gamma_{В.П.} \qquad (3.38)$$

G_{CO}^n - выход технологического углекислого газа из печи, (ккал /кг клинкера):

$$G_{cw} = 0{,}44\left(\frac{(100 - aA^P x^T)}{(100 - ППП^c)}\right)\left(\frac{100}{100 - a_{ун}}\right)\left[\frac{CaO^c(-\beta)}{56}\right] \qquad (3.39)$$

где: CaO^c – весовое содержание извести в сухом сырье (%);

β - степень декарбонизации углекислого газа в теплообменнике (долей единиц); 56 – молекулярный вес CaO,

$$G_{CO}^n = 0{,}44\frac{100 \cdot 100 \cdot 42{,}68(-0{,}35)}{(100 - 35{,}28)(100 - 3{,}8) \cdot 56} = 0{,}35 = 1465{,}1 Дж/кг$$

$$G_г^{гор} = 1{,}507 + 0{,}35 = 1{,}857 = 7773{,}4 Дж/кг$$

2. Расход пыли, внесенной в теплообменник с горячими газами, ккал /кг клинкера:

$$G_{ун}^{гор} = K_{ун}\frac{(100 - aA^P x^T)}{(100 - ППП^c)(100 - K_{ун})} + \frac{(-a)A^P x^T}{100} \qquad (3.40)$$

где: $К_{ун}$ – вынос из печи в теплообменник прокаленной сырьевой пыли,

$$G_{ун}^{гор} = 15\frac{100}{(100 - 34{,}59)(100 - 15)} = 0{,}2726 = 1141{,}1 Дж/кг$$

3. Подсос окружающего воздуха в теплообменник, ккал /кг клинкера:

$$G_{в}^{окр} = G_{г}^{гор}\frac{\gamma_в}{\gamma_г}\left(\frac{K_{окр}}{100 - K_{окр}}\right) \qquad (3.41)$$

где: $К_{окр}$ – объемное содержание подсасываемого окружающего воздуха в газах, выходящих из теплообменника (%), отнесенное к нормальным условиям;

$\gamma_г, \gamma_в$ - средний удельный вес газов, поступающих в теплообменник из печи и удельный вес воздуха (кг/нм^3),

$$G_{в}^{окр} = 1{,}857\frac{1{,}23}{1{,}427}\left(\frac{40}{100 - 40}\right) = 1{,}067 = 4466{,}46 Дж/кг$$

4. Всего расход, ккал /кг клинкера:

$$G_{расх} = G_{CW} + G_{г}^{гор} + G_{ун}^{гор} + G_{в}^{окр} = 1{,}893 + 1{,}857 + 0{,}2786 + 1{,}067 = 5{,}0896 = 21305{,}1 Дж/кг$$

б) Приходные статьи материального баланса

1. Выход физической влаги сырья, ккал /кг клинкера:

$$G_W^Ф = G_{CW}\frac{W_C}{100} = 1{,}893\frac{12{,}95}{100} = 0{,}245 = 1025{,}57 Дж/кг$$

2. Выход гидратной (химической) влаги сырья, ккал /кг клинкера:

$$G_W^Г = 0{,}18\left(\frac{100 - aA^P x^T}{100 - ППП^c}\right)\left(\frac{100}{100 - a_{ун}}\right)\frac{Al_2O_3}{54} \qquad (3.42)$$

где: Al_2O_3 – содержание глинозема в сухом сырье (%);

54 – молекулярный вес Al_2O_3,

$$G_W^Г = 0{,}18\left(\frac{100}{100 - 35{,}28}\right)\left(\frac{100}{100 - 3{,}8}\right)\frac{3{,}21}{54} = 0{,}0172 = 71{,}99 Дж/кг$$

3. Выделение CO_2 в теплообменнике, ккал /кг клинкера:

$$G_{CO}^{K} = 0{,}44\left(\frac{100 - aA^{P}x^{T}}{100 - ППП^{c}}\right)\left(\frac{100}{100 - a_{ун}}\right)\left(\frac{CaO^{c}\beta}{56} + \frac{MgO^{c}}{40}\right) \quad (3.43)$$

где: MgO^{c} весовое содержание окиси магния в сухом сырье, %;

40 – молекулярный вес MgO,

$$G_{CO}^{K} = 0{,}44\left(\frac{100}{100 - 35{,}28}\right)\left(\frac{100}{100 - 3{,}8}\right)\left(\frac{42{,}68 \cdot 0{,}35}{56} + \frac{1{,}06}{40}\right) = 0{,}207 = 866{,}5\,Дж/кг$$

4. Безвозвратный унос пыли с отходящими газами, ккал /кг клинкера:

$$G_{ун}^{c} = \frac{a_{ун}}{100}\left[\left(\frac{100 - aA^{P}x^{T}}{100 - ППП^{c}}\right)\left(\frac{100}{100 - a_{ун}}\right) - \left(G_{W}^{Г} + G_{CO}^{K}\right)\right] \quad (3.44)$$

$$G_{ун}^{c} = \frac{3{,}8}{100}\left[\left(\frac{100}{100 - 35{,}28}\right)\left(\frac{100}{100 - 3{,}8}\right) - (0{,}0712 + 0{,}207)\right] = 0{,}0525 = 219{,}8\,Дж/кг$$

5 Выход отработанных газов и паров, пришедших в теплообменник из печи за счет присоса окружающего воздуха, ккал/кг клинкера:

$$G_{Г}^{КОЛ} = G_{О.Г.}^{Т}x^{Т} + G_{CO_2}^{П} + G_{В}^{ОКР} = 1{,}857 + 1{,}1217 = 2{,}9787 = 12468{,}8\,Дж/кг$$

6 Выход подогретого материала из кальцинатора в печь, ккал/кг клинкера:

$$G_{C}^{K} = \left(G_{CW} + G_{УН}^{ГОР}\right) - \left(G_{W}^{Ф} + G_{W}^{Г} + G_{CO_2}^{K} + G_{УН}^{C}\right) \quad (3.45)$$

$$G_{C}^{K} = (0{,}893 + 0{,}2726) - (0{,}245 + 0{,}0172 + 0{,}207 + 0{,}525) = 1{,}5939 = 6672\,Дж/кг$$

7 Всего приход, ккал/кг клинкера:

$$G_{ПРИХ} = 0{,}245 + 0{,}0712 + 0{,}207 + 0{,}0525 + 2{,}9787 + 1{,}5939 = 5{,}0896 = 21305 Дж/кг$$

3.1.7 Аэродинамическое сопротивление запечного теплообменника

Аэродинамическое сопротивление слоя при его пористости $\varphi = (2000 - 1100) : 2000 = 0{,}45$ и конвейерной колосниковой решетки

а) в горячей камере

1 $Re_{Г}$ - число Рейнольдса, определяется по гидравлическому диаметру наиболее узкого промежутка между зернами,

$$\mathrm{Re}_{Г} = \frac{0{,}45}{(-\varphi)\sqrt{\varphi}}\mathrm{Re}_{СЛ}^{ГОР} = \frac{0{,}45}{(-0{,}45)\sqrt{0{,}45}}114 = 139 \qquad (3.46)$$

где: $\mathrm{Re}_{СЛ}^{ГОР}$ - режим течения газов в слое гранулированного сырья горячей камеры.

2 $\Delta\zeta_t^{ГОР}$ - коэффициент учитывает потерю давления на ускорение (замедление) движения потока вследствие уменьшения (увеличения) его плотности при нагревании (охлаждении):

$$\Delta\zeta_t^{ГОР} = 2\frac{t_{ВЫХ} - t_{ВХ}}{273 + t_{СР}} = 2\frac{435 - 913}{273 + 674} = -1 \qquad (3.47)$$

3 $\xi_{СЛ}^{ГОР}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления слоя любых кусковых тел неправильной формы вычисляем по экспериментальной формуле:

$$\xi_{СЛ}^{ГОР} = \frac{1{,}53}{\varphi^{4{,}2}}\left(\frac{75}{\mathrm{Re}_{Г}} + \frac{15}{\sqrt{\mathrm{Re}_{Г}}} + 1\right) + \Delta\zeta_t^{ГОР} = \frac{1{,}53}{0{,}45^{4{,}2}}\left(\frac{75}{139} + \frac{15}{\sqrt{139}} + 1\right) - 1 = 123 \qquad (3.48)$$

4 Аэродинамическое сопротивление слоя гранулированного сырьевого материала в камере частичной декарбонизации, мм. вод. ст.,

$$\Delta P_{СЛ}^{ГОР} = \xi_{СЛ}\frac{\omega_{СЛ}^2}{2g}\gamma_{Г}\frac{h_{СЛ}}{d_{ЭКВ}} = 123\frac{1{,}5^2}{2\cdot 9{,}81}\cdot 0{,}418\frac{0{,}18}{0{,}00955} = 110 = 1078{,}73\,Па \qquad (3.49)$$

где: $\omega_{СЛ}, \gamma_{Г}, h_{СЛ}$ - соответственно средняя условная скорость движения газов, отнесенная ко всему сечению засыпки м/с, средний удельный вес газов кг/$м^3$ и толщина слоя м.

5 Аэродинамическое сопротивление конвейерной колосниковой решетки в камере частичной декарбонизации, мм. вод. ст.:

$$\Delta P_{РЕШ}^{ГОР} = \xi_{РЕШ}^{ГОР}\frac{\omega_{СЛ}^2}{2g}\gamma_{Г} = 36{,}3\frac{1{,}5^2}{2\cdot 9{,}81}\cdot 0{,}59 = 29{,}41995\,Па \qquad (3.50)$$

где: $\omega_{СЛ}$ - средняя скорость потока, отнесенная ко всей площади конвейерной колосниковой решетки, м/сек;

$\xi_{РЕШ}$- коэффициент аэродинамического сопротивления конвейерной колосниковой решетки при $\mathrm{Re}_0 < 10^5$.

6 Общее сопротивление слоя гранулированной сырьевой смеси и конвейерной колосниковой решетки, мм. вод. ст.:

$$\Delta P_{ГОР} = 110 + 3 = 113 = 1108{,}15 Па$$

б) в камере сушки

1 Rer – число Рейнольдса, определяется по гидравлическому диаметру наиболее узкого промежутка между зернами,

$$\mathrm{Re}_{Г} = \frac{0{,}45}{(-\varphi)\sqrt{\varphi}} \mathrm{Re}_{СЛ}^{ХОЛ} = \frac{0{,}45}{(-0{,}45)\sqrt{0{,}45}} 226 = 337 \qquad (3.51)$$

где: $\mathrm{Re}_{СЛ}^{ХОЛ}$ - режим течения газов в слое гранулированного сырья в камере сушки.

2 $\Delta\zeta_t^{ХОЛ}$ - коэффициент учитывает потерю давления на ускорение (замедление) движения потока вследствие уменьшения (увеличения) его плотности при нагревании (охлаждении),

$$\Delta\zeta_t^{ХОЛ} = 2\frac{t_{ВЫХ} - t_{ВХ}}{273 - t_{СР}} = 2\frac{150 - 435}{273 + 292} = -1 \qquad (3.52)$$

3 $\Delta\xi_{СЛ}^{ХОЛ}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления слоя из любых кусковых тел неправильной формы вычисляем по экспериментальной формуле.

$$\xi_{СЛ}^{ХОЛ} = \frac{1{,}53}{\varphi^{4{,}2}}\left(\frac{75}{\mathrm{Re}_{Г}} + \frac{15}{\sqrt{\mathrm{Re}_{Г}}} + 1\right) + \Delta\zeta_t^{ГОР} = \frac{1{,}53}{0{,}45^{4{,}2}}\left(\frac{75}{337} + \frac{15}{\sqrt{337}} + 1\right) - 1 = 89 \qquad (3.53)$$

4 Аэродинамическое сопротивление слоя гранулированного сырьевого материала в камере сушки, мм. вод. ст.,

$$\Delta P_{СЛ}^{ХОР} = \xi_{СЛ}\frac{\omega_{СЛ}^2}{2g}\gamma_{Г}\frac{h_{СЛ}}{d_{ЭКВ}} = 89\frac{1^2}{2\cdot 9{,}81}\cdot 0{,}665\frac{0{,}18}{0{,}00955} = 57 = 558{,}98 Па \qquad (3.54)$$

где: $\omega_{СЛ}, \gamma_{Г}, h_{СЛ}$ - соответственно средняя условная скорость движения газов,

отнесенная ко всему сечению засыпки (м/с), средний удельный вес газов (кг/$м^3$) и толщина слоя (м).

5 Аэродинамическое сопротивление конвейерной колосниковой решетки в камере сушки, мм. вод. ст.:

$$\Delta P_{РЕШ}^{ХОЛ} = \xi_{РЕШ}^{ХОЛ} \frac{\omega_{СЛ}^2}{2g} \gamma_Г = 36 \frac{1^2}{2 \cdot 9{,}81} \cdot 0{,}89 = 2 = 1961{,}33 Па \quad (3.55)$$

где: $\omega_{СЛ}$ - средняя скорость потока, отнесенная ко всей площади конвейерной колосниковой решетки, м/с;

$\zeta_{реш}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления конвейерной колосниковой решетки при $Re_0 < 10^5$.

6 Общее сопротивление слоя гранулированного сырьевой смеси и конвейерной колосниковой решетки, мм. вод. ст.

$$\Delta P_{ХОЛ} = 57 + 2 = 59 = 578{,}6 Па$$

3.1.8 Общее аэродинамическое сопротивление запечного теплообменника

Приняв потери напора на местные сопротивления в количестве 30% от сопротивления слоя и решетки, общее сопротивление конвейерного кальцинатора:

а) для камеры частичной декарбонизации, мм. вод. ст.

$$\Delta P_1 = 113 \cdot 1{,}3 = 143 = 1402{,}4 Па$$

б) для камеры сушки, мм. вод. ст.

$$\Delta P_2 = 59 \cdot 1{,}3 = 77 = 755{,}1 Па$$

в) всего, мм. вод. ст.

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 143 + 77 = 220 = 2157{,}5 \text{Па}$$

3.2 Прочностной расчет

3.2.1 Прочностные и проверочные расчеты разрабатываемых узлов и деталей уплотнения

Так как устройство выполнено из стали толщиной 0,8 мм, то необходимо, чтобы лепестки сохранили упругие свойства под воздействием перепадов давления наружной атмосферы и газов печи. Для расчета используем вариационный метод расчета прогиба пластин. Согласно выбранному методу расчета прогибов исходное давление:

$$D\left(\frac{\partial^4\omega}{\partial x^4}+2\cdot\frac{\partial^4\omega}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4\omega}{\partial y^4}\right)=q \qquad (3.56)$$

где: $D=\frac{E\cdot h^2}{12\cdot(1-\nu^2)}$

h – толщина пластины, м;

E – модуль продольной упругости;

v – коэффициент Пуассона;

q – распределенная нагрузка, $Н\cdot м$.

Расчетная схема для вычисления прогибов лепестков показана на рисунке 3.3

прогиб лепестков запишем в виде произведения двух функций:

$$\omega(x,y)=\varphi_1(y)\cdot f_1(x),$$

где: $\varphi_1(y)=b^4-2b^2y^2+y^4;\ \ y=\pm b,$

$$A_{11}\frac{\partial^4 f_1}{\partial x^4}+2\cdot B_{11}\frac{\partial^2 f_1}{\partial x^2}+l_{11}\cdot f_1=q$$

Подставим значения $\varphi_1(y)$ и ее производных, получим:

$A_{11}=0{,}8126\cdot B^9$

$B_{11}=-2{,}438\cdot B^7$

$C_{11}=25{,}6\cdot B^5$

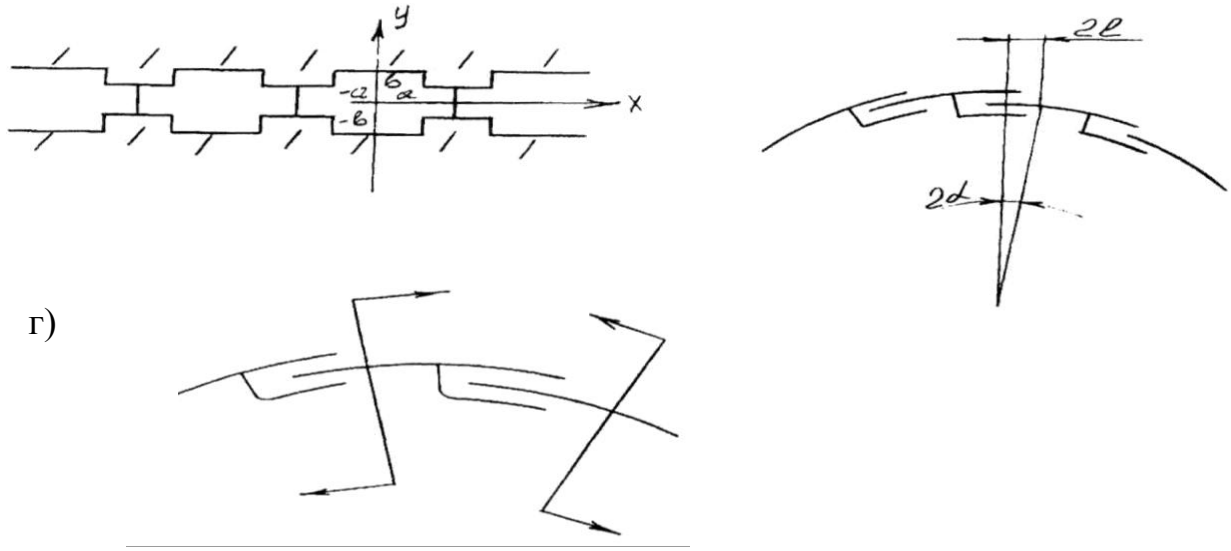
$q=\frac{1{,}066}{D}\cdot B^5$

Решение уравнения состоит из решения однородного уравнения:

$$A_{11}\frac{\partial^4 f_1}{\partial x^4}+2\cdot B_{11}\frac{\partial^2 f_1}{\partial x^2}+C_{11}\cdot f_1=0$$

частного уравнения.

а) б)



г)

Рисунок 3.3 - Расчетная схема прогиба лепестков под действием перепадов давления

Для решения однородного уравнения найдем корни его характеристического уравнения:

$$A_{11} \cdot \lambda^4 + 2 \cdot B_{11} \cdot \lambda^2 + C_{11} = 0$$

корни равны:

$$\lambda_{1,2,3,4} = \pm \alpha \pm \beta \frac{1}{B}$$

где $\alpha = 1{,}142$; $\beta = 2{,}075$.

Решение однородного уравнения будет:

$$f_1^0(x) = \frac{1}{cha\mu}\left[\left(C_1 \cos\frac{B_x}{b} + C_2 \sin\frac{B_x}{b}\right) \cdot ch\frac{\alpha_x}{b} + \left(C_3 \cos\frac{B_x}{b} + C_4 \sin\frac{B_x}{b}\right) \cdot sh\frac{2x}{b}\right]$$

где $\mu = \frac{a}{b}$

Частное уравнение ровно:

$$f_1(x) = f_1^0(x) + f_1^*$$

Для нахождения C_1, C_2, C_3, C_4 воспользуемся вариационным принципом, тогда:

$$\int_{-b}^{b}\left[\frac{\partial^2\omega}{\partial x^3}+\nu\cdot\frac{\partial^2\omega}{\partial y^2}+\frac{\mu(y)}{D}\right]\cdot\delta\left(\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)_{x=a} \quad \text{dy} = 0$$

$$\int_{-b}^{b}\left[\frac{\partial^3\omega}{\partial x}+\nu\cdot\frac{\partial^2\omega}{\partial x^2}+\frac{\mu(y)}{D}\right]\cdot\delta\omega_{x=a} \quad \text{dy} = 0$$

Вариации равны

$$\delta\left(\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)_{x=a}=\varphi_1(y)\cdot\delta\left(\frac{df_n}{d_x}\right)_{x=a}$$

$$\delta\omega_{x=a}=\varphi_1(y)\cdot\delta f_n(x)_{x=a}$$

Подставляем в уравнение

$$A_{11}\frac{d^2f_1}{dx^2}+\nu\cdot B_{11}f_1=\mu_1$$

$$A_{11}\frac{d^3f_1}{dx^3}+(2-\nu)\cdot B_{11}\frac{df_1}{dx}=0$$

где $\mu_1=-\frac{1}{D}\int_{-b}^{b}\mu(y)\varphi_1(y)dy.$

Исходя из данных:

$$a=0{,}075\,м; b=25\cdot10^{-3}\,м; h=0{,}8\cdot10^{-3}\,м; \nu=0{,}26;$$
$$E=2{,}02\cdot10^{-3}\,кгс/мм^2=2{,}02\cdot10^{-3}\,Н/м^2;$$
$$q=5\cdot10\,кгс/мм^2=5\cdot10^{-3}\,Н/м^2$$
$$D=1{,}8053\cdot10^{-3}.$$

Вычисляя значения коэффициентов A_{11}, B_{11} функции $f_1(x)$ и ее производных при $x = \pm a$, получим:

$$-C_1\cdot(-19{,}732\cdot10^{10})+C_2\cdot(-4{,}6204\cdot10^{10})+C_3\cdot(-18{,}71\cdot10^{10})+C_4\cdot(-15{,}49\cdot10^{10})=-225{,}22;$$
$$-C_1\cdot(9{,}732\cdot10^{10})+C_2\cdot(4{,}6204\cdot10^{10})+C_3\cdot(8{,}71\cdot10^{10})+C_4\cdot(5{,}49\cdot10^{10})=-225{,}22;$$
$$C_1\cdot(3{,}2545)+C_2\cdot(-26{,}104)+C_3\cdot(-26{,}5388)+C_4\cdot(-28{,}4237)=0;$$
$$C_1\cdot(-3{,}2545)+C_2\cdot(26{,}104)+C_3\cdot(26{,}5388)+C_4\cdot(28{,}4237)=0;$$

Отсюда получим:

$C_1 = 12{,}5 \cdot 10^{-10}$;

$C_2 = C_3 = 0$;

$C_4 = 1{,}4322 \cdot 10^{-10}$.

Величинапрогиба

$$\omega(x, y) = (250^4 - 2 \cdot 250^2 \cdot y^2 \cdot y^4) \cdot [0{,}9441 \cdot (12{,}5 \cdot 10^{-10} \cdot \cos(3 \cdot 10^{-10} x) \cdot ch(1.568 \cdot 10^{-3} \cdot x) +$$

$$+ 1{,}4322 \cdot 10^{-10} * \sin(3 \cdot 10^{-10} \cdot x) \cdot sh(1.568 \cdot 10^{-3} \cdot x)) - 0.11532 \cdot 10^{-8}].$$

Полученные величины лепестков сводим в таблицу 3.1. Из полученных данных максимальный прогиб 4,159 мм. Полученная величина прогиба лепестков не оказывает существенного влияния на работоспособность уплотнения.

Таблица 3.1 - Координаты точек прогиба

Y, мм	**X, 1** мм			
	0	20	50	75
0	4,159	4,11	3,92	3,62
50	3,832	3,787	3,612	3,33
100	2,934	2,899	2,765	2,553
200	0,539	0,532	0,508	0,469

3.2.2 Расчет массы грузов

Постоянный контакт, обеспечивающий герметичность между бусинами уплотнения и обечайки печи, обеспечивается прижатием троса, который охватывает их, на концах которого подвешивается груз. В ходе испытаний образца уплотнения экспериментально установлено, что наиболее оптимальным является радиальное поджатие нижней и верхней части бусин уплотнения.

Схема для расчета массы грузов показана на рисунке 3.3. Печь совершает равномерное движение вокруг центра "О". Верхняя половина уплотнения прижимается с помощью грузов P_3, P_4. Нижняя часть уплотнения прижимается с помощью грузов P_1 и P_2. Трос рассматриваем, как нерастяжимую однородную нить. Выберем силы, действующие на элементарный участок троса, весом троса пренебрегаем:

T_1 - натяжение левого конца троса, Н;

T_2 - натяжение правого конца троса, Н;

N- нормальная реакция, Н;

F - сила, сдвигающая лепестки уплотнения, Н;

G - вес участка, Н.

Определим силу Q, которая будет удерживать этот элементарный участок в равновесии без учета сил натяжения. Для этого составим уравнения равновесия на ось:

$$\begin{aligned} &\sum F_{x,y} = 0 \\ &Q \cdot \cos\alpha + N \cdot \cos(90 - \alpha) - F \cdot \cos\alpha - G = 0. \end{aligned} \qquad (3.57)$$

Из уравнения (3.57) находим:

$$Q \cdot cos\alpha = F\text{-}cos\alpha + G\text{-}N \cdot \cos(90\text{-}\alpha).$$

Сдвигающая сила F будет равнее силе трения, возникающей между обечайкой и бусиной:

$$F = F_{mp} = F \cdot N \qquad (3.58)$$

где F- коэффициент трения;

N - нормальная реакция, Н.

Нормальную реакцию найдем из уравнения:

$$N = G \cdot \cos(90 - \alpha)$$

где G - вес лепестка, Н.

$$\begin{aligned} &G = m \cdot g; \\ &N = m \cdot g \cdot \cos(90 - \alpha). \end{aligned} \qquad (3.59)$$

Подставляя в формулу (3.58) формулу (3.59) получим:

$$F = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(90 - \alpha)$$

Подставляя эти значения в формулу (3.57) получим:

$$Q \cdot \cos\alpha = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot \cos\alpha + m \cdot g - m \cdot g \cdot \cos(90 - \alpha) \cdot \cos(90 - \alpha)$$

Отсюда сила Q будет равна:

$$Q = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(90 - \alpha) + \frac{m \cdot g}{\cos\alpha} - \frac{m \cdot g \cdot \cos^2(90 - \alpha)}{\cos\alpha} \qquad (3.60)$$

При $\alpha = \pi$ натяжение нити левого конца троса T_1 будет равно Q. Вычислим это значение по формуле (3.60):

$$Q = 0{,}1 \cdot 3{,}112 \cdot 9{,}8 \cdot \cos(90 - 180) + \frac{3{,}12 \cdot 9{,}8}{\cos 180} - \frac{3{,}12 \cdot 9{,}8 \cdot \cos^2(90 - 180)}{\cos 180} = 31кг = 310\,H;$$

Такую силу надо приложить к левому концу троса, чтобы лепестки не сдвигались под действием силы трения. Но как эта сила обеспечивается грузами на концах троса, необходимо, чтобы трос находился в равновесии в любых условиях. Расчетная схема определения равновесия троса при приложенной к одному концу усилия показана на рисунке 3.3. К нити приложена сила Q.

Найдем наименьшую силу P, обеспечивающею равновесие системы. Рассмотрим равновесие элемента нити *ДЕ* длины $dl=R \cdot d \cdot Q$, где R - радиус печи. Разность натяжений нити в точках *Д* и *Е*, равная *dT*, уравновешивается силой трения:

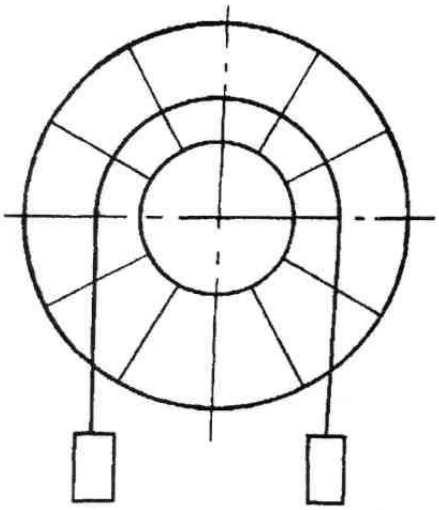
$$dF = f_0 \cdot dN \qquad (3.61)$$

где f_0 - коэффициент трения;

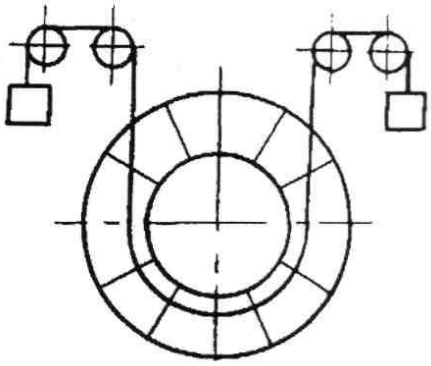
dN - нормальная реакция участка, т.к. при наименьшей силе Q, равновесие является предельным, следовательно:

$$dT = f_0 \cdot dN \qquad (3.62)$$

Значение *dN* определим из уравнения равновесия в проекции на ось у.



Поджатие верхней части уплотнения



Поджатие нижней части уплотнения

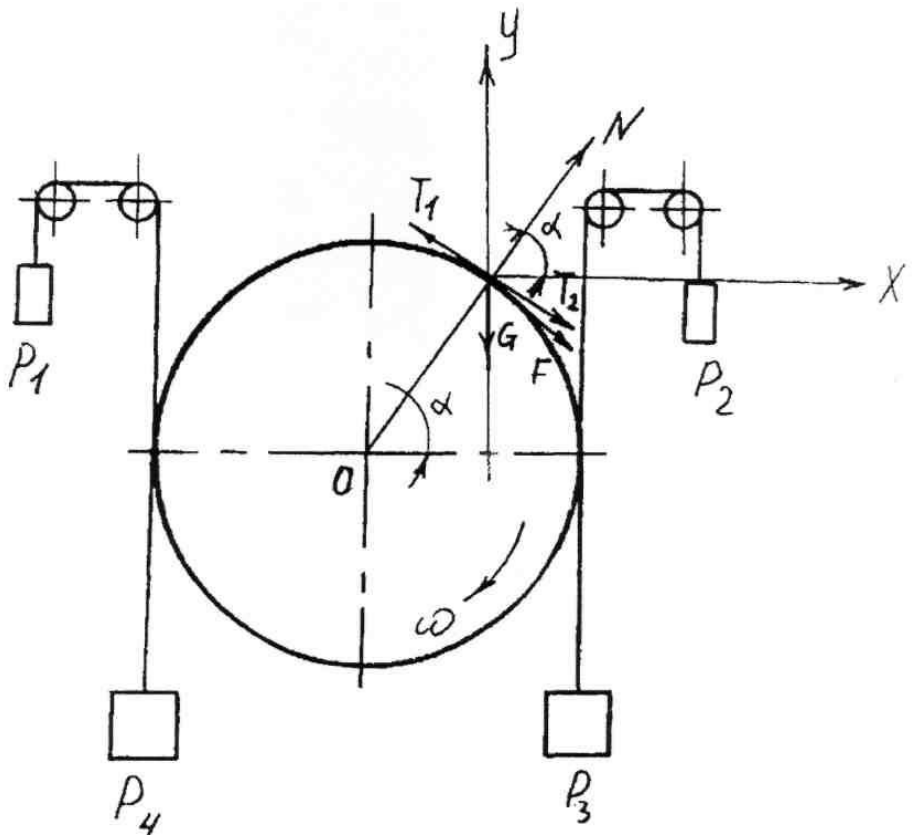


Рисунок 3.4 - Расчетная схема определения массы грузов

Пологая, что синус малого угла равен самому углу и пренебрегая малыми высшего порядка получим:

$$dN = T \cdot \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) + (T + 2T)\sin\left(d\frac{\theta}{2}\right) = 2 \cdot T \cdot D \cdot \frac{\theta}{2} \qquad (3.63)$$

Подставив значения в формулу (3.62) получим:

$$dT = f_0 \cdot T \cdot d \cdot \theta$$

Разделим обе части на T и возьмем интегралы:

$$\int_{\theta}^{P} \frac{dT}{T} = f_0 \int_{Q}^{\alpha} d\Theta$$

$$\ln \frac{Q}{P} = f_0 \cdot \alpha$$

Отсюда следует, что:

$$\frac{Q}{P} = e^{f_0 \alpha}$$

Значит сила P будет равна:

$$P = Q \cdot e^{f_0 \alpha}$$

Так как к левому концу троса надо приложить силу в 310 Н, чтобы уравновесить систему, будем считать, что к правому концу троса приложена эта сила, а к левому определим из выведенного уравнения. Тем самым обеспечим равновесие системы, как при работе печи, так и во время остановки:

$$T_2 = 310\,H; T_1 = \frac{T_2}{e^{-f_0 \alpha}},$$

$$\alpha = \pi$$

$$T_1 = \frac{310}{e^{-0,1 \cdot 3,14}} = 430\,H.$$

Исходя из полученного значения, массы будут равны:

P1 = 310 Н; P3 = 430 Н;

P2 = 310 Н; P4 = 430 Н.

3.2.3 Выбор геометрических размеров основных деталей

Геометрические размеры деталей уплотнения выбраны, исходя из расчетных и опытных данных. Толщина листа, из которых изготавливают лепестки 0,8 мм. Величина толщины выбрана из расчета деформации лепестков, влияние прогиба под действием перепадов давлений, а также влияние коррозии на работоспособность лепестков. Применение оцинкованных лепестков обеспечивает коррозионную стойкость в течении 3-5 лет. А также лист с толщиной 0,8 мм обеспечивает работоспособность, и при этом не разрушается при значительных различных скручивающих деформациях. Размер листа 500х200 мм. Длина 500 мм обеспечивает минимальные прогибы. Ширина 200 мм - на основе статических данных, полученных при испытании бусин. Основание бусины 147х30 мм, размер выбран из условия минимального износа бусин на основе статических данных и обеспечения минимального зазора 1 мм в месте контакта бусины и корпуса печи до приработки.

Угол наклона лепестков 25-30°. Обеспечивается подвижность лепестков при любых перемещений обечайки печи, как вертикальных, так и горизонтальных. Данная конструкция позволяет решить следующие проблемы:

1) Предотвратить разрушения уплотнения от горячих грузов;

2) Осевое и радиальное биение печи не снижает работоспособность уплотнения;

3) Обеспечивается минимальный износ поверхности трения, тем самым срок службы уплотнения составляет 5 лет;

4) Высокая ремонтопригодность уплотнения. Возможность ремонта во время технологических остановок печи;

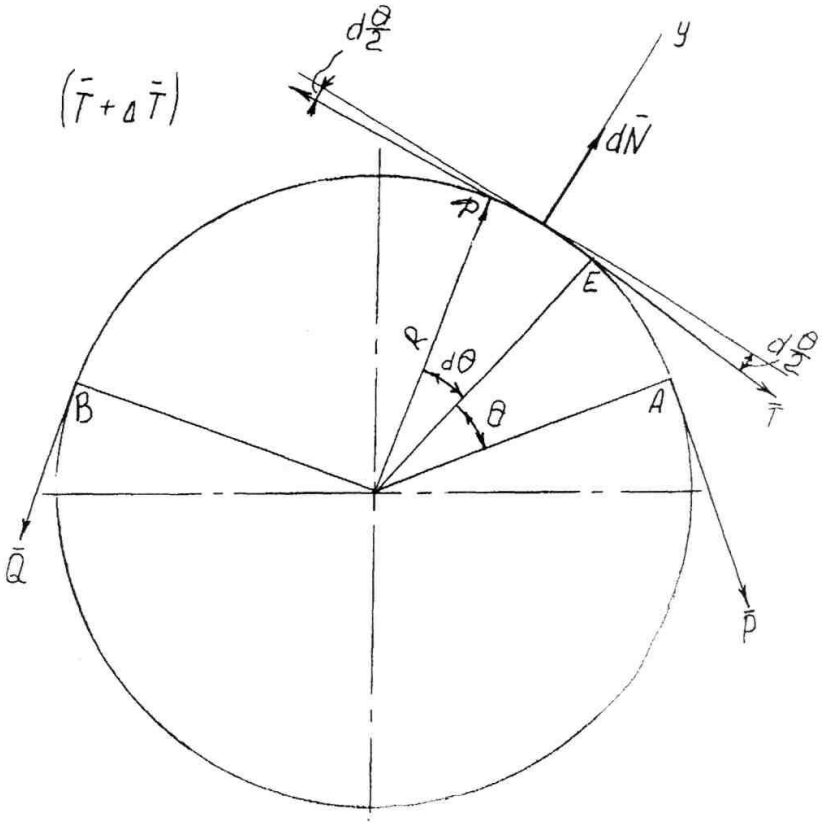


Рисунок 3.5 - Расчетная схема определения равновесия груза приложенной к одному концу троса нагрузки

3.3 Прочностные расчеты корпуса вращающейся печи ø 4,0х60 м

3.3.1 Расчет нагрузок от металлоконструкции

Схема корпуса печи с указанием длин пролетов, толщины обечаек и схема подбандажных утолщений приведены на рисунке.

На холодном конце печи, на расстоянии 7,3 м от конца, находится цепная завеса длиной 37 м, массой $P_ц$ = 107,5·10^4 Н.

На горячем конце печи зона обмазки длиной $1_{обм}$ = 45 м, толщина обмазки S = 0,25 м с объемной массой γ = 2,5 $т / м^3$ = 2,5·10^4 $Н/м^3$.

Рассчитываем нагрузки от металлоконструкции

Мы считаем, что основная труба состоит из участков 3-х толщин:

S_1 = 0,030 м,

S_2= 0,045 м, S_3 = 0,060 м, D= 4,0 м; наружный диаметр трубы $D_H = D_{BH}$= 2 S.

1) для участков с толщиной стенки S_1 = 0,030 м

$$D_H = 4{,}0 + 2 \cdot 0{,}030 = 4{,}06 м;$$

2) для участков с толщиной стенки S_2= 0,045 м

$$D_H = 4{,}0 + 2 \cdot 0{,}045 = 4{,}09 м;$$

3) для участков с толщиной стенки S_3 = 0,060 м

$$D_H = 4{,}0 + 2 \cdot 0{,}060 = 4{,}12 м;$$

Погонные нагрузки определяем по формуле: $q = \gamma \cdot \Delta F$ (3.64)

где γ = 7,85-10^4 $Н/м^3$ - удельный вес стали;

ΔF - площадь сечения корпуса печи, $м^2$.

Результаты расчета сводим в таблицу 3.3.

Нагрузки от усилий подбондажных обечаек считаем приложенными, сосредоточенными по осям обечаек. Величины нагрузок определяем как превышение веса обечайки S_3 = 0,06 м над весом обечайки S_2 = 0,06 м.

Таблица 3.3 - Распределение нагрузок по длине.

S, м	$D_Н$, м	$F_Н$, м	$F_{вн}$,м	ΔF, $м^2$	q, Н/м	l, **м**	P, 10^4 Н
0,03	4,06	16,323	15,8962	0,4270	3,35·10^4	102	344,6
0,045	4,09	16,5383	15,8962	0,6423	5,04·10^4	54	281,8
0,06	4,12	16,7558	15,8962	0,8591	5,92·10^4	14	120,8

q_{60} = 5.924·10^4 Н/м - погонная нагрузка от обечаек S = 0,06 м;

q_{45} = 5.042·10^4 Н/м - погонная нагрузка от обечаек S = 0,045 м;

Общая сосредоточенная нагрузка от подбандажных усилий определяется по формуле:

$$P_{п.у.} = P_{усил} + P_{накл} = (4{,}76 + 4{,}05) \cdot 10^4 Н.$$

Вес установки венцовой шестерни составляет $P_{в.ш.}$ = 40,9-10^4 $Н$ и приложена на расстоянии 4,5 м от оси четвертой опоры, считая от холодного конца печи.

Общий вес металлоконструкции вращающейся печи складывается из следующих частей:

Вес обечаек: S_1 = 0,03 м l=102 м - 328,3·10^{4}Н;

Вес обечаек: S_2 = 0,045 м l=54 м - 727,16·10^4 Н;

Вес обечаек: S_3 = 0,06 м l=14 м - 82,82·10^{4}Н;

Вес бандажа: 7·4,05·10^4 Н = 28,35·10^4 Н;

Вес венцовой шестерни: 40,9·10^4 Н;

Вес фильтра подогревателя: 50·10^{4}Н;

Общий вес: 802,53·10^{4}Н.

3.3.2 Нагрузка от футеровки

Футеровка печи выполняется следующим образом.

На участке длиной 5,7 м от горячего конца печи - зона охлаждения - консольная часть печи, футеруется тальковым кирпичом толщиной S = 0,2 м, объемной массой $\gamma = 2{,}2 \cdot 10^4$ *Н/м*^{3}.

На участке длиной 23 м, из них 16м футеруется магнезитхромитовым кирпичом МХЦ-9, объемной массой $\gamma = 3{,}2 \cdot 10^4$ *Н/м*^{3}, а 7м хромомагнезитовым ХМЦ-9, объемной массой $\gamma = 2{,}3 \cdot 10^4$ *Н/м*^{3}, толщина кирпича составляет S = 0,23 м.

На участке длиной 31,3 м футеруется кирпичом ХМЦ-9, объемной массой

$\gamma = 2{,}3 \cdot 10^4$ *Н/ м*^{3}, толщиной S = 0,23 м.

I участок на длине l = 42,5 м;

$$D_{нар} = 4{,}0 м; F_{нар} = 15{,}9 м^2;$$
$$D_{вн} = 3{,}6 м; F_{вн} = 13{,}2 м^2$$
$$\Delta F = 2{,}7 м^2$$
$$q_I = \Delta F \cdot \gamma = 2{,}7 \cdot 2{,}1 \cdot 10^4 = 5{,}67 \cdot 10^4 Н / м;$$
$$q_{II} = 2{,}7 \cdot 2{,}2 \cdot 10^4 = 5{,}94 \cdot 10^4 Н / м;$$

Масса футеровки на участке I будет равна:

$$P_{ф.п.} = l \cdot q_H$$
$$P_{Ф.I} = 42{,}5 \cdot 5{,}94 \cdot 10^4 = 252{,}45 \cdot 10^4 Н \qquad (3.65)$$

на длине 37 м масса футеровки будет равна:

$$P_{Ф.I} = 37 \cdot 5{,}67 \cdot 10^4 = 209{,}8 \cdot 10^4 H;$$

II участок на длине l = 17,5 м;

$$D_{нар} = 3{,}95 м; F_{нар} = 15{,}9 м^2;$$

$$D_{вн} = 3{,}94 м; F_{вн} = 12{,}8 м^2$$

$$\Delta F = 3{,}1 м^2$$

$$q_{II} = 3{,}1 \cdot 2{,}3 \cdot 10^4 = 7{,}13 \cdot 10^4 H / м;$$

вес футеровки равен:

$$P_{Ф.II} = 17.5 \cdot 7.13 \cdot 10^4 = 124.775 \cdot 10^4 H$$

Общая масса футеровки равна:

$$P_{общ} = 209{,}8 \cdot 10^4 + 124{,}775 \cdot 10^4 = 334{,}575 \cdot 10^4 H$$

Таблица 3.4 - Нагрузка от материала по зонам

Наименование зоны	длина зоны, l м	Насыпн. объемн. вес мат-ла, γ м/м	Угол естест-венного откоса, β град	Диаметр в свету, $D_{св}$м	Масса мат-ла по зонам, 10^4м	Коэффициент расхода сырья	
						на вход, R	на сред, зоне, $R_{ср}$
Декарбонизация	22,3	1,0	20	4,1	37	1,54	1,305
Экзотермическая реакция	15	1,25	27	3,6	18,75	1,08	1,04
Спекания	17	1,45	30	3,54	24,65	1,0	1,0
Охлаждения	5,7	1,6	48	4,1	9,2	1,0	1,0

Масса вращающихся частей без установки бандажей складываются:

Масса металлоконструкций $802{,}53 \cdot 10^4$ Н;

Масса металла $230 \cdot 10^4$ Н;

Масса обмазки $333{,}9 \cdot 10^4$ Н;

Масса футеровки $1058 \cdot 10^4$ Н;

Итого: $2547{,}33 \cdot 10^4$ Н.

3.3.3 Расчёт опорно-ходовой части вращающейся печи Ø4х60 м

Контактные напряжения в паре ролик определяются зависимостью:

$$\sigma_K = 0{,}418\sqrt{\frac{PE\cdot(R_б + R_p)}{b\cdot R_б R_p}} = 0{,}418\sqrt{\frac{2460\cdot10^3\cdot2\cdot10^{11}(0{,}6+2{,}5)}{1{,}2\cdot0{,}6\cdot2{,}5}} = 385\ МПа \quad (3.66)$$

где P – максимальная нагрузка на опорный ролик при максимальной нагрузке на опору, $P = \frac{Q_{\max}}{2\cos\beta} = \frac{4150}{2\cos 32{,}5} = 2460\ кН$ $Q_{\max} = 4150\ кН$.

E – модуль упругости материала бандажа и ролика, $E = 2\cdot10^{11}\ Па$;

b – ширина бандажа, $b = 1{,}2 м$

Допускаемые контактные напряжения

$$[\sigma_K] = 4{,}9HB(-0.001HB) = 4{,}9\cdot160\cdot(-0{,}001\cdot160) = 659\ МПа > \sigma_k = 385\ МПа \quad (3.67)$$

Здесь HB – твёрдость рабочих поверхностей бандажа и ролика по Бринеллю, $HB \approx 160$.

Расчёт оси опорного ролика

Определяем напряжение в сечениях I, II по формуле 3.69 и запасы прочности в этих сечениях (схему нагружения смотреть на рисунке 3.5).

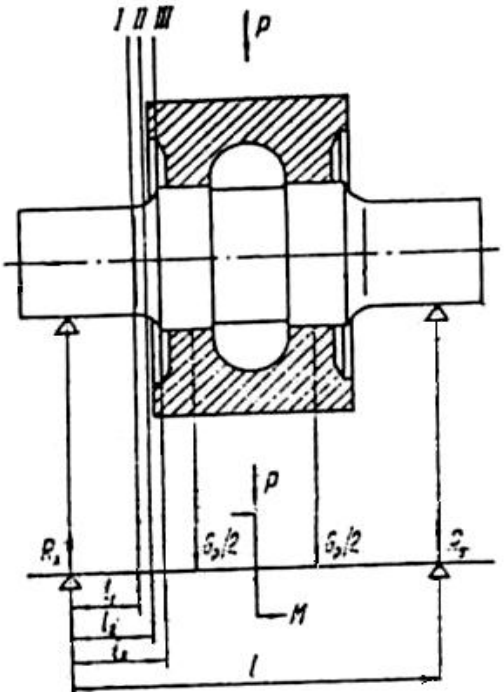


Рисунок 3.5 - Схема нагружения оси ролика

Осевая сила, действующая на ролик $A = Pf_c = 2460 \cdot 10^3 \cdot 0{,}2 = 492 \cdot 10^3$,

где f_c – коэффициент трения стали по стали, $f_c = 0{,}2$.

Изгибающий момент от осевой силы $M = AR_p = 492 \cdot 10^3 \cdot 0{,}6 = 295{,}2 \cdot 10^3$

Максимальную реакцию опор находим по формуле:

$$R_A = \frac{P}{2} + \frac{G_p}{2} + \frac{M}{l} = \frac{2460}{2} + \frac{10{,}8 \cdot 10^4}{2} + \frac{335149}{2} = 223 \cdot 10^3 H \qquad (3.68)$$

Здесь l – расстояние между опорами, принимаем $l = 2{,}25\,м$

Моменты сопротивление сечений I, II:

$$W_I = 0{,}1 d_1^3 = 0{,}1 \cdot 930^3 = 8{,}04 \cdot 10^7\ мм^3;$$

$$W_{II} = 0{,}1 \cdot 1000^3 = 10^8 мм^3.$$

где d_I, d_{II} – диаметры оси в сечениях I, II, $d_I = 930мм$, $d_{II} = 1000мм$.

Нормальное напряжение в сечении l определим по выражению:

$$\sigma = \frac{R_A l_1}{W_1} = \frac{223 \cdot 10^3 \cdot 350}{8{,}04 \cdot 10^7} = 0{,}97\ МПа \qquad (3.69)$$

Запас прочности получим с учетом ослабления сечения галтелью:

$$n = \frac{\sigma_{-1} k_d k_\upsilon}{\sigma k_\sigma} = \frac{250 \cdot 0{,}5 \cdot 1}{0{,}97 \cdot 2{,}5} = 52 МПа \qquad (3.70)$$

где σ_{-1}=250МПА (сталь 40Х);

$k_\sigma, k_d, k_\upsilon$ – эффективные коэффициенты концентрации напряжения для галтели, влияния абсолютных размеров поперечного сечения (масштабный фактор), влияния состояния поверхностного упрочненного слоя.

Для определения коэффициентов примем радиус галтели $r = 20\,мм$, тогда $r/d_{II} = 20/930 = 0{,}0215$; $d_{II}/d_I = 1000/930 = 1{,}075$.

Коэффициент концентрации напряжения находим по табл. П1 [3]:

при изготовлении оси из стали 40Хс σ_n=600МПа; k_σ=2,5.

Коэффициент влияния абсолютных размеров получаем, экстраполируя данные табл. П2 [3], k_d=0,5.

Коэффициент влияния поверхностного упрочнения $k_\upsilon = 1$.

В сечении l запас прочности больше допустимого [n]=1,5.

В других сечениях запасы прочности еще больше.

4 Эксплуатация и ремонт конвейерного кальцинатора

4.1 Эксплуатация печного агрегата

Печной агрегат должен состоять из полного комплекта основных и необходимых вспомогательных устройств, механизмов и оборудования: самой печи, пылеулавливающего устройства, тягодутьевого оборудования, разгрузочного устройства, оборудования для охлаждения клинкера, теплообменных устройств.

Печь должна быть автоматически сблокирована со вспомогательным оборудованием и механизмами. Управление печью со всеми вспомогательными механизмами должно быть сосредоточено у рабочего места машиниста.

Розжиг печи производится только с разрешения главного инженера завода в присутствии начальника цеха обжига по инструкции, разработанной с учетом конкретных условий завода и утвержденной главным инженером завода.

Все подшипники печи и вспомогательных механизмов, а также картеры редукторов должны быть залиты до надлежащего уровня маслом, а консистентные смазки продавлены во вкладыши подшипников и втулки. В течение первого года эксплуатации вращающейся печи необходимо систематически следить за осадкой и горизонтальными отклонениями фундаментов опор путем нивелирования их через каждые три месяца по установленным геодезическим маркам на стенке или стойке фундаментов на 1 м от пола и реперам, привязанным к геодезической основе промышленной площадки.

Одновременно следует не реже одного раза в месяц тщательно осматривать фундаменты опор печи в отношении их разрушения.

По результатам инструментальных измерений и осмотров надлежит составлять акт с приложением схемы.

Во время длительной остановки необходимо тщательно осмотреть футеровку и приводные механизмы печи, внутрипечные и запечные теплообменные устройства, все сопряженные с работой печи агрегаты и механизмы, устранить обнаруженные неисправности.

Остановка вращающейся печи на капитальный ремонт допускается лишь с разрешения директора завода.

При эксплуатации печи машинист должен обеспечить получение высоких показателей по производительности агрегата, качеству клинкера и расходу топлива.

При установлении оптимального режима работы вращающейся печи машинист должен руководствоваться показаниями контрольно-измерительных приборов, поддерживать устойчивый тягодутьевой режим, не допуская резких изменений разрежения за обрезом холодного конца печи, периодически наблюдать за положением материала, расположением факела, свечением стенок печи и материала, за прогаром футеровки, за поддержанием нормального аэродинамического сопротивления печного агрегата.

В случае образования кольца в печи машинист должен сделать запись в журнале и сообщить об этом мастеру смены.

Отжиг колец допускается в исключительных случаях.

4.2 Перечень наиболее изнашивающихся узлов и деталей

1. Звенья цепей
2. Колосники
3. Звездочки
4. Уплотняющие планки
5. Направляющие
6. Детали опор
7. Детали приводного механизма

4.3 Содержание ремонта машины

Износ направляющих допускают до 60% по толщине. В случае замены приводного ведомого и опорных валов следует предварительно проверить состояние и правильность установки балок под подшипники этих валов: непараллельность балок не должна превышать ± 1,5 мм на 1000 мм длины. Верхние полки поверочных и продольных балок располагаются в одной плоскости с отклонением в пределах +0,5 мм. Продольные балки, несущие подшипники опорных валов решетки, помещают горизонтально с допуском по высоте ±1 мм на 1000 мм. После закрепления этих балок устанавливают приводной ведомый и опорный валы решетки, выверяя перпендикулярность их осей к оси кальцинатора по струне, натянутой вдоль всей решетки. Для этого хомутами на валах закрепляют рейсмусы и замеряют расстояния между рейсмусами и струной в начальном положении и после поворота на 180°. Отклонения осей приводного и ведомого валов от горизонтали и перпендикулярность их относительно оси конвейерного кальцинатора допускают не более 0,1 мм на 1000 мм длины валов. Разность расстояний между концами валов не должна превышать 1,5 мм. Правильность наладки поддерживающих валов проверяют так же. Подошвы заменяемых секций бортового уплотнения не должны иметь уступов выше 1 мм, а места стыковки — острых кромок; при этом стопорные планки, крепящие секции бортового уплотнения, плотно лежат (без зазора) на балках, а уплотняющие планки не выступают одна над другой более чем на 1 мм. Сборку колосникового полотна начинают лишь после тщательной выверки положения и соблюдения приведенных допусков по всем ранее установленным узлам и деталям, а также после проверки (специальным шаблоном) расположения отверстий в звеньях колосникового полотна. Высота звеньев может колебаться в пределах ±0,5 мм. Полотно решетки натягивают, уменьшая количество звеньев.

После окончания сборки полотна решетки и колосников кальцинатор обкатывают вхолостую, проверяя работу всех узлов и механизмов, и особенно обращая внимание на качество бортового уплотнения. Бортовые звенья должны

касаться уплотняющих планок по всей длине решетки. После устранения замеченных отклонений и дефектов собирают верхние плиты бортового уплотнения. Зазор между плитой и бортовым звеном не должен превышать 6 мм.

Одновременно с ремонтом конвейерного кальцинатора ведут ремонт дымососа, транспортеров, элеваторов, шиберов, рыхлителей и др.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Предприятия отрасли машиностроения, оснащённые в соответствии с современными требованиями, характеризуются высокой интенсивностью производственных процессов, а также высоким уровнем автоматизации и механизации технологических процессов.

Данные обстоятельства способствуют улучшению условий труда на производстве и снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих. Вместе с тем, это требует от инженерно-технических работников высокой квалификации в сфере безопасности технологических процессов и оборудования, а именно: четкого представления об особенностях воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих в конкретных производственных условиях и способах защиты от них, грамотных действий в условиях чрезвычайных ситуаций, а также проведения профилактических мероприятий на производстве.

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта с точки зрения его безопасностных и экологических характеристик

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс[1]	Технологическая операция , вид выполняемых работ[2]	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию[3]	Оборудование, устройство, приспособление [4]	Материалы, вещества[5]
1	Помол клинкера и добавок	Загрузка с материального склада клинкера и гипса в	Машинист крана (крановщик) (код по ОКС 8333)	Мостовой грейферный кран	Клинкер, гипс

		расходные бункера			
2	Помол клинкера и добавок	Очистка воздушной среды от вредных примесей	Аспираторщик (код по ОКС 8212)	Системы пылеулавливания	-
3	Помол клинкера и добавок	Включение/выключение предпусковой сигнализации и кнопки «пуск» главного привода	Моторист-смазчик (код по ОКС 8212)	Мельница цементная с приводом и системой смазки	-
4	Помол клинкера и добавок	Включение питателей клинкера, гипса, золы и регулировка питания мельницы загружаемым материалом.	Машинист мельниц (код по ОКС 8159)	Мельница цементная с приводом и системой смазки	Клинкер, гипс, зола, добавки

5.2 Идентификация производственно – технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ[1]	Опасный и /или вредный производственный фактор[2]	Источник опасного и / или вредного производственного фактора[3]
1	Загрузка с	1. Повышенная запыленность	1. Материал

	материального склада клинкера и гипса в расходные бункера	и загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенный уровень вибрации; 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 6. Расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).	рабочей среды 2. Узлы и агрегаты производственного оборудования 3. Конструкция эксплуатируемого крана
2	Очистка воздушной среды от вредных примесей	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте.	1. Материал рабочей среды 2. Узлы и агрегаты производственного оборудования
3	Включение/выключение предпусковой сигнализации и кнопки «пуск» главного привода	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи,	1. Материал рабочей среды 2. Узлы и агрегаты производственного оборудования

		замыкание которой может произойти через тело человека; 5. Повышенный уровень статического электричества.	
4	Включение питателей клинкера, гипса, золы и регулировка питания мельницы загружаемым материалом.	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 5. Повышенный уровень статического электричества.	1. Материал рабочей среды 2. Узлы и агрегаты производственного оборудования

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках дипломного проекта)

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор[1]	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора[2]	Средства индивидуальной защиты работника[3]
1	Повышенная запыленность и загазованность	Применение рукавных или электрофильтров для очистки воздуха. При значительной	Фильтрующие СИЗ органов дыхания с

	воздуха рабочей зоны	концентрации пыли в аспирируемом воздухе применение циклонов. Для очистки воздуха, отсасываемого из камер сырьевых мельниц, применить циклон и электрофильтр, соединенные последовательно.	противоаэрозольными и противогазовыми фильтрами. Изолирующие СИЗ органов дыхания.
2	Повышенная температура воздуха рабочей зоны	Рабочие места в горячем цеху оборудовать аэрационными душевыми установками с холодным воздухом и специальными термозащитными экранами. Ремонт обжиговых печей не производитть до тех пор, пока они как следует, не остынут, ремонтные работы поручать только молодым и здоровым рабочим. Чтобы исключить тепловой удар, эти рабочие должны находиться под медицинским наблюдением с целью проверки их сердечно - сосудистой, дыхательной и потовыделительной функций. Люди, работающие в условиях жаркого климата, должны иметь в своем распоряжении подсоленные напитки и, в случае необходимости, употребить их.	-
3	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Применение ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией. Применение звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей). Применение звукоизолирующих	Шумозащитные наушники, шлемы, заглушки.

		кабин наблюдения и дистанционного управления. Применение звукоизолирующих кожухов на шумных агрегатах. Применение акустических экранов. Применение глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках. Виброизоляция технологического оборудования Применение демпфирующих прокладок между внутренней стенкой мельничных барабанов и бронефутеровочными плитами, замену в сырьевых шаровых мельницах стальных плит резиновыми. Укрытие мельниц и дробилок шумоизолирующими кожухами, облицовка источников шума звукопоглощающими материалами.	
4	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электродвигателей и электрическая аппаратуры, энергетических машин.	Диэлектрические галоши и перчатки
5	Повышенный уровень статического электричества	Использование наиболее современных средств вентиляции, применение специальных зон заземления	-
6	Повышенный уровень вибрации	Снижение виброактивности машин. Отстройка от резонансных частот. Виброизоляция, виброгашение.	Виброзащитные рукавицы или перчатки

		Снижение виброактивности привода путем изменения технологического процесса. Применение редукторов с такими кинематическими схемами, при которых динамические процессы, вызываемые ударами, ускорениями исключены или предельно снижены. Отстройка от резонансных частот путем в изменения режимов работы машины и частоты возмущающей вибросилы; собственной частоты колебаний машины путем изменения жесткости системы. Установка ребержесткости. Виброгашение (увеличение массы системы) за счет установки агрегатов на массивный фундамент. Виброизоляция через уменьшение передачи колебаний от источника к защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. Для виброизоляции применить виброизолирующие опоры типа упругих прокладок, пружин или их сочетания.	
7	Недостаточная освещенность рабочей зоны	В отделении применить совмещенное освещение. Обеспечить комбинированное естественное освещение через световые проемы в наружных стенах и верхнее освещение через световые проемы в покрытии и фонари. Искусственное освещение, необходимое для проведения работ в темное время суток или в местах без достаточного естественного	-

		освещения, осуществлять при помощи газоразрядных ламп и люминесцентных ламп. Выбор источника освещения определять от характера работы, условий среды, размеров помещения и др. Газоразрядные лампы применять непосредственно на производственной площадке отделения кальцинации, а также для местного освещения. Люминесцентные лампы применять при необходимости для создания оптимальных условий для зрительной работы (в щитовых помещениях, где имеется пульт управления), которая характеризуется как "точная" (III разряд). В случае отключения рабочего освещения предусмотреть аварийное освещение, составляющее 10% от рабочего (не менее 50 лк).	
8	Расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола)	Применение лифтовых конструкций для подъема/спуска персонала к месту работы для исключения травматизма. Подсветка лестниц.	Предупреждающие таблички

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Склад сухой золы	Расходный бункер золы	Е	пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах)	образующиеся в процессе пожара осколки каменных пород, замыкание электрической цепи установок, оборудования.
2	Объединенный материальный склад (гипс, клинкер)	Бункеры гипса и клинкера, питатели	Е	пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах)	образующиеся в процессе пожара осколки каменных пород, замыкание электрической цепи установок, оборудования.
3	Участок помола	Цементная мельница, приемный бункер	Е	пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах), повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	образующиеся в процессе пожара осколки каменных пород, замыкание электрической цепи установок, оборудования.
4	Систе	Электрофильтр	Е	пламя и искры,	образующиеся в

	ма фильтрации производственного воздуха	, циклоны, дымосос		повышенная температура окружающей среды, снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах)	процессе пожара осколки каменных пород, замыкание электрической цепи установок, оборудования.

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Переносные огнетушители серий ОУ и ОП, пожарный инвентарь,	Пожарные автомобили, мотопомпы.	Модульная автоматизированная установка пожаротушения. Вид огнетушащего вещества – порошок. Способ тушения – локально-объемный.	Пожарные извещатели	Щит пожарный, гидрант пожарный «ГП-1,75»	Респираторы, фильтрующие противогазы ГП-5, ГП-5м, ГП-4у	Пожарные топоры, лопаты. Комплект универсального инструмента УКИ-12М	Автоматическая установка пожарной сигнализации (АУПС) лучевого типа

Таблица 5.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по

обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Помол клинкера и добавок	Проведение плановых общих инструктажей по пожарной безопасности	Знание правил поведения при начале и распространении пожара.
	Проектирование вновь вводимых цехов, а также доработка документации действующих, согласно ФЗ-123, раздела 4	Документация на производственные объекты, в том числе на здания, сооружения, строения, и технологические процессы должна содержать пожарно-технические характеристики. Состав и функциональные характеристики систем обеспечения пожарной безопасности производственных объектов должны быть оформлены в виде самостоятельного раздела проектной документации.
Помол клинкера и добавок	Проведение анализа пожарной опасности и расчета пожарного риска	Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год
Помол клинкера и добавок	Организация подъезда пожарной техники	Расстояние от края проезжей части или спланированной поверхности, обеспечивающей проезд пожарных автомобилей, до стен зданий высотой не более 12 метров должно быть не более 25 метров, при высоте зданий более 12, но не более 28 метров - не более 8 метров, а при высоте зданий более 28 метров - не более 10 метров
Помол клинкера и добавок	Проведение плановых испытаний пожарной техники предприятия, согласно ФЗ-123, раздела 5.	Пожарная техника должна подвергаться испытаниям на соответствие ее параметров требованиям пожарной безопасности в соответствии с методами, установленными нормативными документами по пожарной безопасности

Помол клинкера и добавок	Размещение и установка, и ввод в эксплуатацию стационарных систем пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения должны обеспечивать ликвидацию пожара поверхностным или объемным способом подачи огнетушащего вещества в целях создания условий, препятствующих возникновению и развитию процесса горения.
Помол клинкера и добавок	Размещение первичных средств пожаротушения по всему периметру производственных участков	Переносные и передвижные огнетушители должны обеспечивать тушение пожара одним человеком на площади, указанной в технической документации организации- изготовителя

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Помол клинкера и добавок	Цех помола	Выбросы пыли в атмосферу	Постоянный забор воды для обеспечения необходимой влажности шлама	В непосредственной близости предприятия оседание производственной пыли –

				загрязнение растительного покрова

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Цех помола клинкера и добавок при получении цемента
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение дополнительных систем фильтрации на участках между цементной мельницей и аспирационной шахтой, а также дополнительных циклонов, рукавных фильтров и электрофильтров на участке очистки производственного воздуха.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение систем очистки и рекуперации используемой для увлажнения шлама воды. Создание для этих целей систем отстойников воды.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Постоянная дополнительная очистка прилегающей к заводу территории от осадков цементной пыли.

Выводы по выполненному разделу

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса при получении цемента, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 5.1).

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу помола клинкера и добавок при получении цемента, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» идентифицированы следующие:

- ✓ Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ✓ Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- ✓ Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- ✓ Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- ✓ Повышенный уровень статического электричества;
- ✓ Повышенный уровень вибрации;
- ✓ Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- ✓ Расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной

безопасности (таблица 5.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 5.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 5.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 5.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 5.8).

Таким образом, модернизация и замена футеровки трубной цементной мельницы никаким образом не повлияет на условия труда работающих на заводе.

6 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА И ОПИСАНИЕ ПРИВОДА РЕШЕТКИ КАЛЬЦИНАТОРА

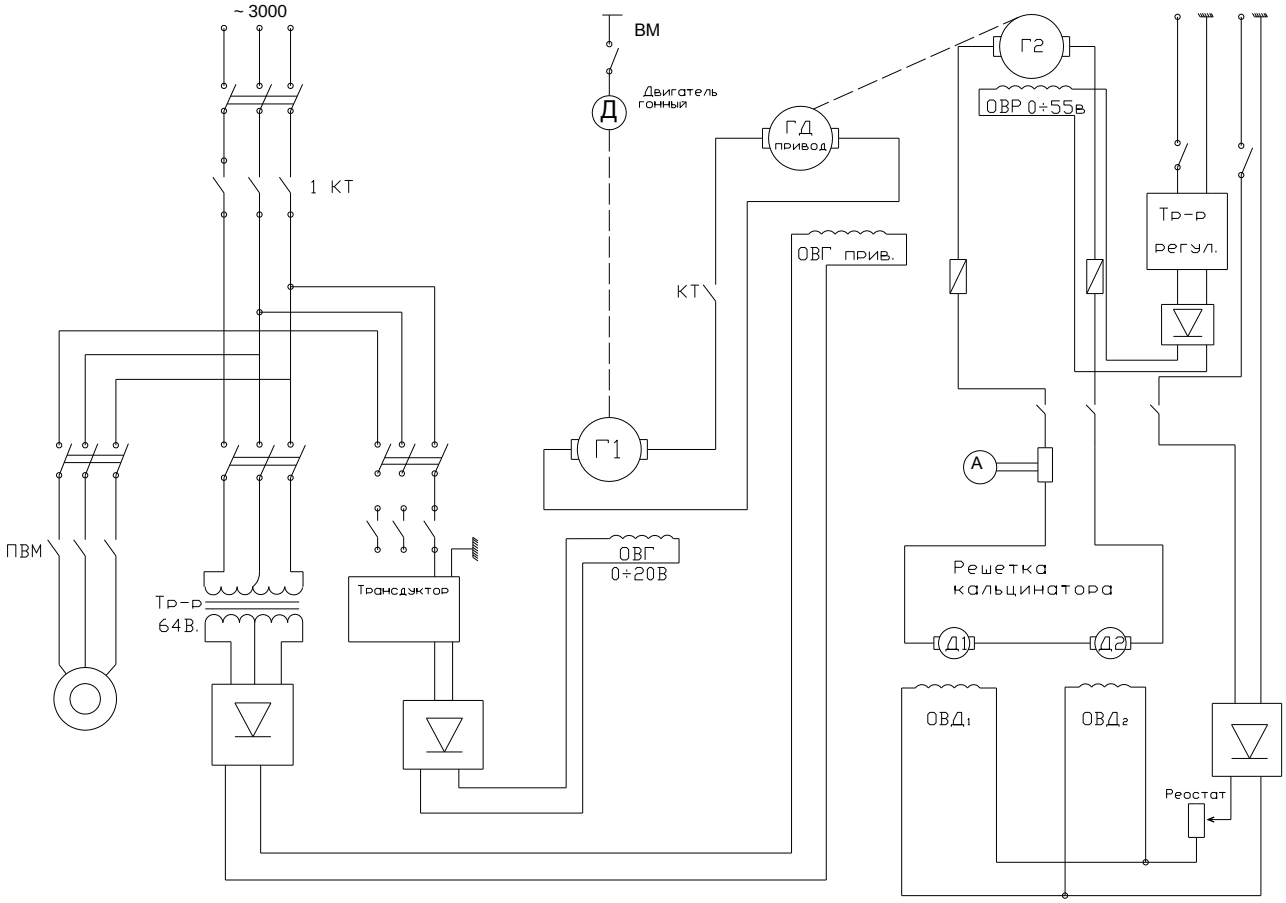


Рисунок 6.1 - Схема силовой электрической сети главного привода печи и решетки кальцинатора

Привод колосниковой решетки осуществляется по ниже описанной электрической схеме.

Гонный двигатель переменного тока мощность 250 кВт со скоростью 1500 об/мин передает вращение на генератор постоянного тока Г1 мощностью 200 кВт который питает ГД двигатель главного привода печи. Для регулирования мощности генератора имеется обмотка возбуждения генератора, которая питается от сети. Через трансдуктор нужное напряжение подается на выпрямитель, а затем на обмотку возбуждения генератора. Главный двигатель печи ГД через ременную передачу приводит в движение генератор постоянного тока Г2 питающий двигатели решетки кальцинатора Д1 и Д2 подключенные последовательно.

Скорость этих двигателей регулируется обмоткой возбуждения двигателей. Напряжение на ней регулируется реостатом.

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

7.1. Технико-экономическое обоснование

Вращающиеся печи на сегодняшний день являются наиболее крупногабаритным и топливоемким оборудованием в промышленности строительных материалов. Наряду с повышением производительности, надежности, уменьшением метало и энергоемкости, снижения расхода топлива является одной из основных задач конструкторов.

Предлагается модернизировать несущий путь колосниковой решетки кальцинатора «Леполь». С целью повышения производительности, а также долговечности и надежности конвейерного пути кальцинатора. Целью модернизации является повышение надежности и долговечности грузонесущего полотна кальцинатора, удлинение трассы конвейерного кальцинатора на 12% и изменение конструкции колосниковой решетки.

Охлаждающие ребра выполнены сотообразными и образуют сужающиеся каналы для подвода воздуха к отверстиям а, размещенным по центру каждой соты.

Такое выполнение охлаждающих ребер позволяет интенсифицировать их охлаждение и повысить равномерность отвода тепла от них. В результате повышается срок службы охлаждающих ребер. Сотообразное выполнение ребер позволяет снизить усадочные напряжения, возникающие при изготовлении колосников (при охлаждении отливок).

Колосниковая решетка, содержащая колосники с расположенными в шах-матном порядке щелевидными отверстиями и охлаждающими ребрами, отличающаяся тем, что, с целью интенсификации охлаждения и увеличения срока службы, ребра выполнены сотообразными и образуют сужающиеся каналы для подвода воздуха к отверстиям, размещенным в центре каждой соты.

Удлинение несущего пути кальцинатора на 3 метра приведет к увеличению производительности на 12%.

7.2 Оценка экономической эффективности инвестиционного проекта

7.2.1 Расчет капитальных вложений (инвестиций)

Для расчёта экономической эффективности проекта необходимо иметь следующие исходные данные, показанные в таблице 7.1

Таблица 7.1 - Исходные данные для расчета

Показатель	Условное обозначение	До модернизации	После модернизации
Часовая производительность, т/ч	Q	35	39,2
Коэффициент использования оборудования во времени.	$k_{эк.}$	0,61	0,61
Эффективный фонд времени работы оборудования, маш.-ч	$T_{эф.м.}$	5341	5341
Годовой объём выпуска цемента, тыс.т	А	186,94	209,37
Цена за тонну цемента, руб.	Ц	3000	3000
Себестоимость единицы продукции, руб./т	C_1	1800	См. расчет
Удельные нормы расхода электроэнергии, кВт·ч/т	$У_{нор}$	10,3	10,3
Цена (тариф) за единицу расхода электроэнергии, руб/кВт	Ц	1,99	1,99
Год сдачи оборудования в эксплуатацию.		1971	2009
Норма амортизации на полное восстановление, %.	Н	5	5
Балансовая стоимость выбывающего оборудования (деталей, узлов), тыс.руб.	$О_{ф.баз.}$	100	-
Капитальные вложения на модернизацию оборудования, тыс.руб.	$k_{дет.}$	-	340

А также используем такие данные как:

$К_{мон}$ = 10% ; $К_{дем}$ = 5% ; $К_{спец}$ = 0 ; $О_{фл}$ = 0 ; К + $Т_р$ = 10% ; Е = 0,3 ; $Т_{гор}$ = 3 года ; t = 3 шага.

Дополнительные капитальные вложения Δk

$$\Delta k = k_{д.} + k_{мон.} + k_{спец.} + k_{пот.} \qquad (7.1)$$

где $k_{д.}$ - прейскурантная стоимость деталей и узлов, необходимых для модернизации (реконструкции) оборудования, руб.;

$k_{мон.}$ - затраты на монтаж, равные 10% $k_{д.}$, руб.;

$k_{спец.}$ - стоимость производственных площадей, зданий, сооружений и других основных фондов, непосредственно связанных с модернизацией оборудования, $k_{спец.}$=0, руб.;

$k_{пот.}$ - потери от ликвидации оборудования, деталей и узлов, руб.

$k_{д.}$ =300 тыс.руб.=300000 (руб.)

$k_{мон.}$= 0,1· $k_{д.}$ = 0,1· 300000 = 30000 руб.

$$К_{пот} = O_{ф.баз} \cdot \left(1 - \frac{H \cdot T_ф}{100}\right) + K_{дем} - O_{ф.л.} \qquad (7.2)$$

где $О_{ф.баз}$ – балансовая стоимость выбывающих основных фондов

Н – норма амортизации

$Т_ф$- фактический период времени, отработанный выбывающим оборудованием

Так как $Т_ф$=38 лет> $Т_а = \frac{100}{H}$ =100/5=20 лет, (7.3)

то $К_{пот}$=$К_{дем}$

Капитальные вложения на модернизацию вращающейся печи равны:

$$\Delta k = 300000 + 30000 + 5000 + 5000 = 340000 \text{ руб.}$$

Таблица 7.2 - Смета капитальных вложений на модернизацию вращающейся печи Ø4×60.

Наименование затрат	Сумма тыс.руб	Обоснование (документация)
Прейскурантная стоимость оборудования	300	Данные завода
Монтаж	30	10% $К_д$
Демонтаж	5	5% $О_{ф.баз}$
НИР	-	
Прочие расходы	5	
Итого	340	

С изменением капитальных вложений изменяются основные фонды $\Delta О_ф$ по формуле:

$$\Delta О_ф = \Delta К - О_{ф.баз} - К_{пот} \quad (7.4)$$

$$\Delta О_ф = 340000 - 100000 - 5000 = 235000 \text{ (руб.)}$$

7.2.2 Изменение текущих расходов (себестоимости продукции) по фактам

В результате модернизации колосниковой решетки кальцинатора «Леполь», его производительность повышается на 12 % при постоянных энергозатратах.

Рассчитываем экономию материальных затрат

$$Э_м = У \cdot Ц_1 \cdot (А_{2пр} - А_{баз}), \quad (7.5)$$

где $У_{Н1}$ и $У_{Н2}$ - удельные нормы расхода энергии;

$Ц_1$ - цена на соответственную энергию.

Годовой объем выпуска цемента в натуральном выражении рассчитывается как:

$$A_{2маш} = Q_2 \cdot T_{эф.м.}, \quad (7.6)$$

где Q_2 - часовая производительность кальцинатора.

Эффективный фонд времени работы кальцинатора рассчитывается как:

$$Т_{эф.маш} = К_{эк} \cdot , \quad (7.7)$$

$$T_{эф} = 0{,}61 \cdot 8670 = 5341{,}6 \text{ маш.-ч}$$

$$A_{2баз.} = 35 \cdot 5341 = 186935 \ т$$

$$A_{2пр.} = 39{,}2 \cdot 5341 = 209367 \quad т$$

$$Э_м = 10{,}3 \cdot 1{,}99 \left(209367 - 186935 \right) = 459789 \quad \text{руб.}$$

Определяем увеличение текущих затрат на содержание и эксплуатацию оборудования ΔPCO:

а) на амортизацию:

$$a = \frac{\Delta O_ф \cdot H}{100}, \tag{7.8}$$

где H – норма амортизации на полное восстановление, %.

$$a = \frac{235000 \cdot 5}{100} = 11750 \text{ руб.}$$

б) на капитальный и текущий ремонт:

$$K + T = \frac{\Delta O_ф \cdot 10\%}{100} = \frac{235000 \cdot 10}{100} = 23500 \text{ руб.}$$

в) на эксплуатацию оборудования:

$$Э_к = \frac{\Delta O_ф \cdot 3\%}{100} = \frac{235000 \cdot 3}{100} = 7050 \text{ руб.}$$

Определяем расход на содержание и эксплуатацию оборудования ΔPCO:

$$\Delta PCO = a + (K + T) + Э_к = \sum a + б + в \text{ руб.} \tag{7.9}$$

ΔРСО = 11750+23500+7050=42300 (руб.)

Таким образом, условно-годовая экономия равна:

$$Э_{год.} = Э_{м.} - \Delta PCO = 459789 - 42300 = 417489 \text{ руб.} \tag{7.10}$$

где $Э_м$ - экономия материальных затрат

Снижение себестоимости за единицу продукции рассчитывается по формуле:

$$\Delta C = \frac{Э_{год.}}{A_2} = \frac{417489}{209367} = 1{,}99 \text{ руб.} \tag{7.11}$$

где A_2 - годовой выпуск в натуральном выражении

Себестоимость единицы продукции по проекту:

$$C_2 = C_1 - \Delta C, \tag{7.12}$$

где C_1 - себестоимость единицы продукции до модернизации, руб./т.

$$C_2 = 1800 - 1{,}99 = 1798{,}01 \text{ руб.}$$

7.2.3 Изменение денежных потоков

При модернизации кальцинатора, реализуется повышение производительности. Денежные потоки для реконструкции вращающейся печи формируются из денежных притоков (ДП) и денежных оттоков (ДО).

При условии $Ц_1 = Ц_2$ изменение денежного притока определяем по формуле:

$$\Delta ДП = Э_{м.} + О_{ф.баз.} + О_{ф.л.}, \quad (7.13)$$

где: $Э_м$ - экономия материальных затрат; $Э_м = 459789$ руб.

$О_{ф.баз.}$ - продажа базового оборудования, руб., 0 руб.;

$О_{ф.л.}$ - продажа металлолома, руб., $О_{ф.л.} = 0$.

Отсюда следует, что денежный приток равен экономии материальных затрат ($\Delta ДП = Э_м$)

$\Delta ДП = Э_{м.} = 459789$ руб.

Таким образом, денежные оттоки при модернизации вращающейся печи с изменением объема производства, получается из прироста основного капитала, текущих затрат на ремонт и эксплуатацию оборудования, и налогов

$$\Delta ДО = \Delta k + \Delta РСО + НАЛ, \quad (7.14)$$

где $НАЛ$ – затраты на налоги, руб.

$$НАЛ = НАЛ_п + НАЛ_{им} \quad (7.15)$$

где $НАЛ_п$ - налог на прибыль 20%

$НАЛ_{им}$ - налог на имущество 2,2%

$НАЛ_п = 20\ \% \ \Delta П$

где $\Delta П$ - прибыль, получаемая предприятием.

Так как $Ц_1 = Ц_2$ то, прибыль, получаемая предприятием равна условно годовой экономии($\Delta П = Э_{год.}$)

$$\Delta П = 417489 \text{ руб.}$$

$$НАЛ_{п} = 0{,}2 \cdot 417489 = 83497{,}8 \text{ руб.}$$

Налог на имущество определяется как:

$НАЛ_{им} = 2{,}2\ \% \cdot О_{ф}$

где $О_{ф}$ – стоимость основных фондов, данные завода $О_{ф} = 560385$ руб.

$$НАЛ_{им} = 0{,}022 \cdot 560385 = 12328{,}47 \text{ руб.}$$

Следовательно, затраты на налоги будут равны:

$$НАЛ' = 83497{,}8 + 12328{,}47 = 95826{,}27 \text{ руб.}$$

Изменение денежного оттока будет равно на первом шаге:

$$\Delta ДО_1 = \Delta К + \Delta РСО + НАЛ', \quad (7.16)$$

Шаг 1

$\Delta ДО_1 = 340000 + 42300 + 95826{,}27 = 478126{,}27$ руб.

Шаг 2

$\Delta ДО_2 = \Delta РСО + НАЛ = 42300 + 95826{,}27 = 138126{,}27$ руб.

Шаг 3

$\Delta ДО_3 = \Delta РСО + НАЛ = 42300 + 95826{,}27 = 138126{,}27$ руб.

Изменение чистого денежного потока определим по шагам и нарастающим итогом:

$$\Delta ЧДП = \Delta ДП - \Delta ДО, \quad (7.17)$$

Шаг 1

$\Delta ЧДП_1 = \Delta ДП - \Delta ДО_1 = 459789 - 478126{,}27 = -18337{,}27$ руб.

Шаг 2

$\Delta ЧДП_2 = \Delta ДП - \Delta ДО_2 = 459789 - 138126{,}27 = 321662{,}73$ руб.

Изменение чистого денежного потока нарастающим итогом после второго шага

$$\Delta ЧДП_2' = \Delta ЧДП_1 + \Delta ЧДП_2 = -18337{,}27 + 321662{,}73 = 303325{,}46 \text{ руб.}$$

Третий шаг

$$\Delta ЧДП_3 = \Delta ЧДП_2 = 321662{,}73 \text{ руб.}$$

Изменение чистого денежного потока нарастающим итогом после третьего шага

$$\Delta ЧДП_3^{'} = \Delta ЧДП_2^{'} + \Delta ЧДП_3 = 303325,46 + 321662,73 = 624988,19 \text{ руб.}$$

7.2.4 Расчёт показателей экономической эффективности проекта

Чистый дисконтированный доход определяем по формуле:

$$ЧДД = \sum_{t=1,2,3}^{T} \frac{(R_t - З_t')}{(1+E)^t} - \Delta k, \quad (7.18)$$

если $\frac{1}{(1+E)^t} = \alpha_t$, тогда: $ЧДД = \sum_{t=1,2,3}^{T} (R_t - З^{'}t) \cdot \alpha_t - \Delta k$

где T - горизонт расчета;

t - шаг (равен году);

R_t - результат достигнутый на t - шагу;

Определяется по формуле Rt = Пt + at

где: at - амортизационное отчисление на полное восстановление

a_t = a =11750 руб.

$З_t$ - затраты на t - ом шагу без учета инвестиций; $З_t$ = 0

E - норма дисконта; E = 0,2

α_t - коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (7.19)$$

на первом шаге: $\alpha_1 = \frac{1}{(1+0,2)^1} = 0,83$

на втором шаге: $\alpha_2 = \frac{1}{(1+0,2)^2} = 0,694$

на третьем шаге: $\alpha_3 = \frac{1}{(1+0,2)^3} = 0,578$

Чистая прибыль рассчитывается как:

$$П_t = \Delta П - НАЛ, \quad (7.20)$$

где $\Delta П$ - прибыль получаемая предприятием $\Delta П$ =417489 руб.

НАЛ - затраты на налоги

$$\Delta П_t = 417489 - 95826,27 = 321662,73 \text{ руб.}$$

Тогда результат, достигнутый на t – ом шагу будет равен:

$$R_t = \Delta П_t + a_t = 321662,73 + 11750 = 334412,73 \text{ руб.} \quad (7.21)$$

Таким образом, чистый дисконтированный доход после модернизации кальцинатора будет:

на первом шагу: $ЧДД_1 = R_t \cdot \alpha_1 - \Delta k$, (7.22)

$ЧДД_1 = 33441273 \cdot 0,83 - 240000 = 276732,6$ руб.

на втором шагу: $ЧДД_2 = R_t \cdot \alpha_2$

$ЧДД_2 = 33441273 \cdot 0,694 = 231338,4$ руб.

на третьем шагу: $ЧДД_3 = R_t \cdot \alpha_3$

$ЧДД_3 = 334412,73 \cdot 0,578 = 193290,55$ руб.

Чистый дисконтированный доход нарастающим итогом после второго шага:

$\Delta ЧДД'_2 = \Delta ЧДД_1 + \Delta ЧДД_2$, (7.23)

$\Delta ЧДД'_2 = 276732,6 + 213338,4 = 50812103$ руб.

Чистый дисконтированный доход нарастающим итогом после третьего шага:

$\Delta ЧДД'_3 = \Delta ЧДД'_2 + \Delta ЧДД_3$

$\Delta ЧДД'_3 = \Delta ЧДД'_2 + \Delta ЧДД_3 = 508121,03 + 193290,55 = 701411,58$ руб.

$\Delta ЧДД'_3$ = 701411,58 руб. > 0, то вариант модернизации оборудования – эффективен.

Определим индекс доходности ИД (рентабельности):

$$ИД = \frac{1}{\Delta k} \cdot \sum_{t=1,2,3}^{T} \frac{R_t - З' t}{(1+E)^t} = \frac{1}{\Delta k} \cdot \sum_{t=1,2,3}^{T} R_t \cdot \alpha_t, \quad (7.24)$$

$$ИД = \frac{1}{340000} \cdot 193290,55 \cdot (0,831 + 0,694 + 0,578) = 1,19$$

ИД > 1 т.е. 1,19 > 1 , то вариант модернизации оборудования эффективен.

Срок окупаемости капитальных вложений ($Т_{ок}$) рассчитывается как:

$$T_{ок.} = \frac{\Delta k}{\Delta П_t} \quad (7.25)$$

где Δk - капитальные вложения при модернизации;

$\Delta П_t$ - чистая прибыль.

$$T_{ок.} = \frac{340000}{321662,73} = 1,05 \text{ года}$$

Так как $T_{ок.} < T_{ок.уст.}$ то есть 1,05 < 3 года вариант модернизации оборудования эффективен.

На основании вышеперечисленных расчётов составляется сводная таблица изменения денежных потоков и показателей эффективности инвестиционных проектов (таблица 7.3).

Таблица 7.3 - Изменение денежных потоков и показателей эффективности инвестиционных проектов

Наименование показателей	Условные обозначения	Едини-цы измерения	Значение показателя по шагам расчета		
			Шаг 1	Шаг 2	Шаг 3
Денежные притоки	ΔДП	тыс.руб.	459,789	459,789	459,789
Экономия мат. затрат	$Э_м$	тыс.руб	459,789	459,789	459,789
Денежные оттоки	ΔДО	тыс.руб	478,126	138,126	138,126
Затраты на модернизацию	ΔК	тыс.руб	340	340	340
Затраты на содержание и экспл. оборудования	Σа+б+в	тыс.руб	42,3	42,3	42,3
Налоги, всего	НАЛ	тыс.руб	95,826	95,826	95,826
Втом числе: на прибыль	$НАЛ_п$	тыс.руб	83,497	83,497	83,497
На имущество	$НАЛ_{им}$	тыс.руб	12,328	12,328	12,328
Прибыль от производства продукции	ΔП	тыс.руб	417,489	417,489	417,489
Чистая прибыль	$\Delta П_t$	тыс.руб	321,662	321,662	321,662
Амортизация оборудования	α_t	тыс.руб	11,7	11,7	11,7
Чистый денежный поток	ΔЧДП	тыс.руб	-18,337	321,662	321,662
Чистый денежный поток нарастающим итогом	ΔЧДП’	тыс.руб	303,325	303,325	624,988
Коэффициент дисконтирования			0,83	0,694	0,578
Чистый	ЧДД	тыс.руб	276,732	231,338	193,29

дисконтированный доход					
Чистый дисконтированный доход нарастающим итогом	ЧДД’	тыс.руб	508,121	508,121	701,411
Индекс доходности	ИД	-	1,19		
Срок окупаемости	$Т_{ок}$	год	1,05		

7.3 Расчет основных технико-экономических показателей

1.При $A_1 = 186{,}94$тыс. тонн, товарная продукция базовая:

$$T_{баз} = 222458{,}6 \text{ тыс. руб.} \quad (7.26)$$

При $A_2 = 209{,}37$ тыс. тонн, товарная продукция по проекту:

$$T_n = 249150{,}3 \text{ тыс. руб.}$$

2.Среднегодовая стоимость основных производственных фондов:

по проекту:

$$O_{ф.пр1} = O_{ф.баз} + \Delta O_{ф1} = 100000 + 235000 = 335000 \text{ тыс. руб.} \quad (7.27)$$

по базе:

$$O_{ф.пр2} = O_{ф.баз} + \Delta O_{ф2} = 100000 + 0 = 100000 \text{ тыс. руб.}$$

где $O_{ф.баз}$ – среднегодовая стоимость основных производственных фондов (базовая), тыс. руб.;

$\Delta O_{ф1}$, $\Delta O_{ф2}$ – стоимость кальцинатора по проекту и по базе, тыс. руб.

3.Фондоотдача:

по проекту

$$Ф_{о.пр.} = \frac{T_{п.}}{O_{ф.пр.}} = \frac{249150{,}3}{335000} = 0{,}74 \text{ тыс./руб.} \quad (7.28)$$

по базе

$$Ф_{о.баз.} = \frac{T_{баз}}{O_{ф.пр2.}} = \frac{222458{,}6}{100000} = 2{,}2 \text{ тыс./руб.}$$

4.Фондовооружённость труда:

по проекту

$$Ф_{в.пр.} = \frac{О_{ф.пр.}}{Ч_{пр.}} = \frac{335000}{918} = 364{,}9 \text{ тыс.руб./чел.} \quad (7.29)$$

по базе

$$Ф_{в.пр.} = \frac{О_{ф.пр2.}}{Ч_{пр.}} = \frac{100000}{918} = 108{,}9 \text{ тыс.руб./чел.}$$

$Ч_{пр}$ - численность персонала, чел.

5.Прибыль по проекту:

$$П_{пр} = П_{баз} + Э_{год} = 417489 + 417489 = 834978 \text{ , тыс. руб.} \quad (7.30)$$

где $П_{баз}$. – базовая прибыль, тыс. руб.

6.Уровень общей рентабельности производства по проекту:

$$Р_{общ.} = \frac{П_{пр.}}{О_{ф.пр.} + О_{об.}} \cdot 100\% \quad (7.31)$$

где $О_{об.}$ – среднегодовая стоимость нормируемых оборотных средств, тыс. руб.

$$Р_{общ.} = \frac{834978}{335000 + 100000} \cdot 100\% = 192\% .$$

Уровень рентабельности отдельных видов продукции по проекту:

$$Р_{в.} = \frac{Ц_2 - С_2}{С_2} \cdot 100\%$$
$$Р_{в} = \frac{3000 - 1798{,}1}{1798{,}1} \cdot 100\% = 67\% \quad (7.32)$$

$Ц_2$ - стоимость одной тонны цемента навалом, данные завода,

$С_2$ – себестоимость одной тонны цемента навалом, расчет.

Уровень общей рентабельности производства по базе:

$$Р_{общ.} = \frac{П_{баз.}}{О_{ф.пр.} + О_{об.}} \cdot 100\% \quad (7.33)$$

$$Р_{общ.} = \frac{417489}{335000 + 100000} \cdot 100\% = 96\% .$$

Все расчёты сводим в итоговую таблицу 7.5 основных технико-экономических показателей проекта.

Таблица 7.5 - Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	База	Проект	Отклонение
Годовой выпуск продукции, тыс.т.	186,94	209,37	+22,43
Товарная продукция, тыс. руб	222,458	249,150	+22,692
Численность ППП всего, чел в том числе: рабочие	918	918	-
Производительность труда 1ППП , тыс.руб/чел. В том числе – 1 рабочего.	827	827	-
Среднегодовая стоимость основных производственных фондов, тыс.руб.	100	335	+235
Фондоотдача, руб./руб.	2,2	0,74	-1,46
Фондовооруженность труда, тыс.руб./чел.	108,9	364,9	+256
Себестоимость годового выпуска цемента, тыс.руб.	9613,8	9603,6	-10,2
Прибыль, тыс.руб.	417,489	834,927	+417,438
Рентабельность, % - общая - цемента	96 66	192 67	+96 +1
Чистый дисконтированный доход, тыс.руб.	508,121		
Срок окупаемости, лет	1,05		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте описана технология производства цемента по сухому способу на цементом заводе, произведены патентные исследования по конструктивным решениям колосниковой решетки кальцинатора «Леполь», на основании которых выбрана конструкция колосника. В специальной части проекта выполнены расчеты основных конструктивно – технических параметров агрегата, приведены прочностные расчеты отдельных узлов и деталей, описаны эксплуатация и ремонт модернизируемой машины.

В электрической части проекта приведена электрическая схема привода колосниковой решетки кальцинатора с описанием принципа действия.

Выполнен раздел по безопасности и экологичности технического объекта, рассмотрена нормативно-правовая база по охране труда, организация службы охраны труда на предприятии, анализ вредных и опасных факторов при эксплуатации кальцинатора «Леполь», охрана окружающей среды, расчет заземления рабочего оборудования.

Предлагаемая модернизация кальцинатора приведет к снижению материальных затрат на 459,789 тыс.руб., увеличению прибыли предприятия на 459,789 тыс.руб., уменьшению себестоимости цемента, что делает его более конкурентоспособным. Срок окупаемости затрат на модернизацию составляет 1,05 года, чистый дисконтированный доход положителен и составляет 508,121 тыс. руб.

Таким образом, произведенные технико-экономические расчеты показали техническую и экономическую целесообразность модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.

2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.

3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.

6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9 www.vniiinstrument.ru

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимиря-зев, А.Г.

Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н.

Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под

общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Металлорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.ДП.ОТМП.501.10.000.СБ	Сборочный чертёж		
		1	16.ДП.ОТМП.501.10.001	Лист торцевой	1	
		2	16.ДП.ОТМП.501.10.002	Лист верхний	1	
		3	16.ДП.ОТМП.501.10.003	Лист средний	1	
		4	16.ДП.ОТМП.501.10.004	Лист нижний	1	
		5	16.ДП.ОТМП.501.10.005	Коробка герметическая	5	
		6	16.ДП.ОТМП.501.10.006	Предохранительный кожух	11	
		7	16.ДП.ОТМП.501.10.007	Косынка	22	
		8	16.ДП.ОТМП.501.10.008	Кольцо	5	
		9	16.ДП.ОТМП.501.10.009	Косынка	10	
		10	16.ДП.ОТМП.501.10.010	Пластина	5	
		11	16.ДП.ОТМП.501.10.011	Пластина	6	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.10.000

Балка правая в сборе

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.ДП.ОТМП.501.11.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.11.001	Правая часть	1	
		2	6.ДП.ОТМП.501.11.002	Левая часть	1	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М36Х180 ГОСТ 7798-70	4	
		4		Болт М42Х360 ГОСТ 779870	4	
		5		Шайба 3665Г ГОСТ 6402-74	8	
		6		Шайба 4265Г ГОСТ 6402-76	8	
		7		Гайка М36 ГОСТ 5515-70	8	
		8		Гайка М42 ГОСТ5515-70	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.11.000

Цепное колесо крайнее

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A1			16.ДП.ОТМП.501.12.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.12.001	Правая часть	1	
		2	6.ДП.ОТМП.501.12.002	Левая часть	1	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М36Х180 ГОСТ 7798-70	4	
		4		Болт М42Х360 ГОСТ 779870	4	
		5		Шайба 3665Г ГОСТ 6402-74	8	
		6		Шайба 4265Г ГОСТ 6402-76	8	
		7		Гайка М36 ГОСТ 5515-70	8	
		8		Гайка М42 ГОСТ5515-70	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.12.000

Цепное колесо среднее

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.ДП.ОТМП.501.14.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.14.001	Элемент уплотнения вала левый	1	
		2	16.ДП.ОТМП.501.14.002	Элемент уплотнения вала правый	1	
		3	16.ДП.ОТМП.501.14.003	Съемный нож	1	
		4	16.ДП.ОТМП.501.14.004	Уплотнение горячего конца левое	1	
		5	16.ДП.ОТМП.501.14.005	Уплотнение горячего конца правое	1	
		6	16.ДП.ОТМП.501.14.006	Элемент бокового уплотенния	2	
		7	16.ДП.ОТМП.501.14.07	Балка	1	
		8	16.ДП.ОТМП.501.14.08	Балка	4	
		9	16.ДП.ОТМП.501.14.09	Балка	8	
		10	16.ДП.ОТМП.501.14.010	Балка	8	
		11	16.ДП.ОТМП.501.14.011	Балка	8	
		12	16.ДП.ОТМП.501.14.012	Балка	8	
		13	16.ДП.ОТМП.501.14.013	Кронштейн	6	
		14	16.ДП.ОТМП.501.14.014	Кронштейн	7	
		15	16.ДП.ОТМП.501.14.015	Усилитель	7	
		16	16.ДП.ОТМП.501.14.016	Усилитель	7	
		17	16.ДП.ОТМП.501.14.017	Элемент упрочнения	14	
		18	16.ДП.ОТМП.501.14.018	Элемент упрочнения	14	
		19	16.ДП.ОТМП.501.14.019	Усилитель	14	
		20	16.ДП.ОТМП.501.14.020	Усилитель	14	
		21	16.ДП.ОТМП.501.14.021	Усилитель	14	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.14.000

Разгрузочная часть

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.ДП.0ТМП.501.10.000.СБ	Сборочный чертёж		
		1	16.ДП.0ТМП.501.10.001	Лист торцевой	1	
		2	16.ДП.0ТМП.501.10.002	Лист верхний	1	
		3	16.ДП.0ТМП.501.10.003	Лист средний	1	
		4	16.ДП.0ТМП.501.10.004	Лист нижний	1	
		5	16.ДП.0ТМП.501.10.005	Коробка герметическая	5	
		6	16.ДП.0ТМП.501.10.006	Предохранительный кожух	11	
		7	16.ДП.0ТМП.501.10.007	Косынка	22	
		8	16.ДП.0ТМП.501.10.008	Кольцо	5	
		9	16.ДП.0ТМП.501.10.009	Косынка	10	
		10	16.ДП.0ТМП.501.10.010	Пластина	5	
		11	16.ДП.0ТМП.501.10.011	Пластина	6	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	16.ДП.0ТМП.501.10.000			
Разраб.		Карабкин			Балка правая в сборе	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Резников						
Н.контр.		Витколов				ТГУ, гр. ТМз-1001		
Утв.		Бабаевский						

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A1			16.ДП.ОТМП.501.11.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.11.001	Правая часть	1	
		2	6.ДП.ОТМП.501.11.002	Левая часть	1	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М36Х180 ГОСТ 7798-70	4	
		4		Болт М42Х360 ГОСТ 779870	4	
		5		Шайба 3665Г ГОСТ 6402-74	8	
		6		Шайба 4265Г ГОСТ 6402-76	8	
		7		Гайка М36 ГОСТ 5515-70	8	
		8		Гайка М42 ГОСТ5515-70	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Витколов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.11.000

Цепное колесо крайнее

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			16.ДП.ОТМП.501.12.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.12.001	Правая часть	1	
		2	6.ДП.ОТМП.501.12.002	Левая часть	1	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М36Х180 ГОСТ 7798-70	4	
		4		Болт М42Х360 ГОСТ 779870	4	
		5		Шайба 3665Г ГОСТ 6402-74	8	
		6		Шайба 4265Г ГОСТ 6402-76	8	
		7		Гайка М36 ГОСТ 5515-70	8	
		8		Гайка М42 ГОСТ5515-70	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Витколов		
Утв.		Бобровский		

16.ДП.ОТМП.501.12.000

Цепное колесо среднее

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А1			16.ДП.0ТМП.501.13.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.0ТМП.501.13.001	Ось	14	
		2	16.ДП.0ТМП.501.13.002	Ось	13	
		3	16.ДП.0ТМП.501.13.003	Ось	13	
		4	16.ДП.0ТМП.501.13.004	Ось	10	
		5	16.ДП.0ТМП.501.13.005	Балка	10	
		6	16.ДП.0ТМП.501.13.006	Балка	1	
		7	16.ДП.0ТМП.501.13.07	Балка	4	
		8	16.ДП.0ТМП.501.13.08	Балка	4	
		9	16.ДП.0ТМП.501.13.09	Балка	8	
		10	16.ДП.0ТМП.501.13.010	Балка	8	
		11	16.ДП.0ТМП.501.13.011	Балка	8	
		12	16.ДП.0ТМП.501.13.012	Балка	8	
		13	16.ДП.0ТМП.501.13.013	Кронштейн	6	
		14	16.ДП.0ТМП.501.13.014	Кронштейн	7	
		15	16.ДП.0ТМП.501.13.015	Усилитель	7	
		16	16.ДП.0ТМП.501.13.016	Усилитель	7	
		17	16.ДП.0ТМП.501.13.017	Элемент упрочнения	14	
		18	16.ДП.0ТМП.501.13.018	Элемент упрочнения	14	
		19	16.ДП.0ТМП.501.13.019	Усилитель	14	
		20	16.ДП.0ТМП.501.13.020	Усилитель	14	
		21	16.ДП.0ТМП.501.13.021	Усилитель	14	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Карабкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Витков		
Утв.		Бабаевский		

16.ДП.0ТМП.501.13.000

Несущий путь

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A1			16.ДП.ОТМП.501.14.000.СБ	Сборочный чертёж		
				Сборочные единицы		
		1	16.ДП.ОТМП.501.14.001	Элемент уплотнения вала левый	1	
		2	16.ДП.ОТМП.501.14.002	Элемент уплотнения вала правый	1	
		3	16.ДП.ОТМП.501.14.003	Съемный нож	1	
		4	16.ДП.ОТМП.501.14.004	Уплотнение горячего конца левое	1	
		5	16.ДП.ОТМП.501.14.005	Уплотнение горячего конца правое	1	
		6	16.ДП.ОТМП.501.14.006	Элемент бокового уплотнения	2	
		7	16.ДП.ОТМП.501.14.07	Балка	1	
		8	16.ДП.ОТМП.501.14.08	Балка	4	
		9	16.ДП.ОТМП.501.14.09	Балка	8	
		10	16.ДП.ОТМП.501.14.010	Балка	8	
		11	16.ДП.ОТМП.501.14.011	Балка	8	
		12	16.ДП.ОТМП.501.14.012	Балка	8	
		13	16.ДП.ОТМП.501.14.013	Кронштейн	6	
		14	16.ДП.ОТМП.501.14.014	Кронштейн	7	
		15	16.ДП.ОТМП.501.14.015	Усилитель	7	
		16	16.ДП.ОТМП.501.14.016	Усилитель	7	
		17	16.ДП.ОТМП.501.14.017	Элемент упрочнения	14	
		18	16.ДП.ОТМП.501.14.018	Элемент упрочнения	14	
		19	16.ДП.ОТМП.501.14.019	Усилитель	14	
		20	16.ДП.ОТМП.501.14.020	Усилитель	14	
		21	16.ДП.ОТМП.501.14.021	Усилитель	14	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Коровкин		
Пров.		Резников		
Н.контр.		Виткалов		
Утв.		Бабровский		

16.ДП.ОТМП.501.14.000

Разгрузочная часть

Лит.	Лист	Листов

ТГУ, гр. ТМз-1001

Копировал

Формат А4