

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2021 г.

Разработка конструкции роликовой опоры вращающейся печи ЦОМП
ООО «Группа Магнезит»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н.
_____ Д.Б. Калашников
_____ 2021г.

Автор работы
студент группы ДО – 506
_____ Е.С. Балакин
_____ 2021г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2021г.

Челябинск,
2021

АННОТАЦИЯ

Балакин Е.С. Разработка конструкции роликовой опоры вращающейся печи ЦОМП ООО «Группы Магнезит». – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2021, 60 с., 16 ил., библиографический список – 8 наименования, 8 листов чертежей ф.А1

Выпускная квалифицированная работа выполнена с целью разработки конструкции роликовой опоры вращающейся печи. В выпускной квалифицированной работе проанализированы организационная структура предприятия, подробно расписаны конструкции и принципы действия печи и отдельных основных узлов. Представлены проектный и базовый вариант конструкции роликовой опоры вращающейся печи.

С помощью программы компас 3D созданы чертежи вращающейся печи, привода и опорных роликов, а также приведена детализовка и характеристика некоторых механизмов крана.

Произведены базовый и проектный расчеты технико-экономического обоснования разработки конструкции роликовой опоры вращающейся печи.

					15.03.032021.01564.00.000 ПЗ		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Балакин Е.С.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Калашников Д.Б.				5	60
<i>Реценз.</i>					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-506		
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.					
<i>Утверд.</i>		Виноградов К.М.					
					Разработка конструкции роликовой опоры вращающейся печи ЦОМП ООО «Группы Магнезит»		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	9
1.1 Краткая характеристика цеха.....	9
1.2 Основное технологическое оборудование.....	14
1.3 Назначение, конструкция, принцип работы вращающейся печи ее основных узлов.....	15
1.4 Мобильный кран LTM-1160/2 (LIEBHERR)	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	18
2.1 Принцип работы основных узлов.....	18
2.2 Корпус вращающейся печи (основные узлы).....	18
2.3 Холодильный барабан.....	20
2.4 Привод вращающейся печи.....	21
2.5 Исследование работы вращающейся печи.....	23
2.6 Модернизация конструкции роlikоопоры.....	24
2.7 Контрольные ролики.....	25
2.8 Автоматизация и КИП.....	27
2.9 Использование козлового крана и автокрана LTM 1160/2 (LIEBHERR).....	32
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	35
3.1 Расчет роlikоопор на прочность и жесткость.....	35
3.2 Проверка бандажа и опорных роликoв на контактную прочность.....	36
3.3 Расчет приводного вала.....	38
3.4 Расчет резьбовых соединений.....	42
3.5 Расчёт автокрана.....	46
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	48
4.1 Требования к охране труда в цехе.....	48
4.1.1 Требования безопасности при работе в газоопасных местах	50
4.1.2 Пожаро и взрывобезопасность.....	50
4.2 Охрана окружающей среды.....	51
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	53
5.1 Баланс рабочего времени.....	53
5.2 График выходов.....	53
5.3 Расчетная часть.....	53
5.3.1 Штатное расписание, расчет численности рабочих.....	53
5.3.2 Расчет фонда заработной платы, начислений на заработную плату.....	54
5.3.3 Расчет затрат на материалы.....	55
5.3.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	56
5.3.5 Расчет затрат на амортизацию.....	57
5.3.6 Прочие затраты.....	57
5.3.7 Расчет фонда заработной платы АУП.....	57
5.3.8 Составление сводной сметы затрат на производство.....	58

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	59
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	60

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрена комплексная разработка конструкции роликовой опоры. Раньше на предприятии для замены (установки) роликов применялись краны козловой конструкции, в виду того, что они морально и физически устарели- были демонтированы.

При дальнейшей эксплуатации печи и поддержании ее работы, наплавляли ролики, но многократная наплавка (термической обработкой) привела к тому, что основной металл роликов начал трескаться и выкрашиваться, их дальнейшее использование было невозможно.

Было принято решение использовать кран Libherr, так как другие варианты автомобильных кранов не позволяли производить работы по следующим параметрам: по рельефу местности, по грузоподъемности, с одной установкой конструкции.

Кран Libherr, имеющий хорошую грузоподъемность, хорошую маневренность, может иметь разные углы установки, следовательно, дает возможность производить работу с одной установки.

Цель работы – ознакомиться с недостатками конструкции роликовой опоры вращающейся печи ЦОМП ООО «Группа Магнезит» и предложить свою конструкцию роликовой опоры.

Объект работы – вращающаяся печь ЦМП-2 ЦОМП ООО «Группа Магнезит»

Задачи работы:

- изучить последовательность и особенности разработки конструкции роликоопор вращающейся печи на предприятии;
- изучить специальную часть, в которую входят расчеты на затраты на материалы и на зарплату рабочим;
- изучить требования по охране труда на предприятии при разработке конструкции роликовой опоры.

Результат работы – изучение последовательности и особенности разработки конструкции роликовой опоры вращающейся печи на предприятии. Умение делать расчеты для разработки конструкции.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Краткая характеристика цеха

Цех Магнетитового Порошка №2 был основан в 1977 году, и в данный момент является одним из основных цехов.

Цех № 2 по производству магнетитовых порошков (ЦМП-2) является составным звеном ООО «Группа Магнетит» и играет одну из ведущих ролей в увеличении выпуска качественных магнетитовых порошков как для производства изделий (с передачей этих порошков в ЦМИ-2, в количестве 30 – 40 % от валового производства всех порошков в цехе, так и товарных, различного применения у внешнего потребителя, в том числе и периклазовых масс, с добавками в них широкого спектра специальных компонентов улучшающих их качество.

Впервые ЦМП-2 был пущен в эксплуатацию 1 июня 1965 года – в этот день был произведен розжиг вращающейся печи № 1 и с тех пор стал считаться днем основания цеха. В состав комплекса вращающейся печи входили:

- отделение пылеулавливания (теперь переименовано в участок газоочистки) с двухступенчатой очисткой дымовых газов от пыли (в батарейных циклонах НИИО-ГАЗ (Типа ЦН-24), диаметр корпуса 1200 мм, КПД до 80 %, 2 батареи по 6 штук в каждой. И в электрофильтрах типа ПГДС 4*38 – пластинчатый, горизонтальный, дымовой, с С-образной формой осадительных электродов, 4 поля, с поперечным сечением 38 м², 2 таких эл. фильтра за печью, степень очистки 98%), с преобразовательной эл.подстанцией;

- котел-утилизатор типа КУ-125 (теперь относится к теплосиловому цеху – ТСЦ);

- печное отделение (переименовано в участок обжига), включающие в себя: приемные сырьевые бункера, по два бункера на печь, емкостью по 450 тонн каждый;

- участок дозирования сырья в печь – 2 дозатора на печь типа ЛДА-100 (ленточный дозатор автоматический, производительностью 100 т/час – сейчас применяются усовершенствованные дозаторы типа 42-86 ДН-100);

- галерею № 1 с ленточными конвейерами;

- галерею № 2 с перегрузочным углом № 1 и двумя ленточными конвейерами № 9 и № 10 (теперь демонтированы), подающими продукцию от вращающейся печи в подсилосное помещение (силосный склад из 8 шт. силосов, диаметром 12м, высотой 16 м и емкостью 1808 м³ каждый, еще только строился и был введен в эксплуатацию год спустя, в августе 1966 года, с пуском вращающейся печи № 2);

- дробильно-сортировочное отделение (теперь называется участок дробления № 1 – УД-1) с галереей и тремя технологическими потоками дробления и рассева сваров и порошка;

- электроподстанция «Огнеупор»;

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

– внутривозовская ветка железной дороги от станции «Новозаводская» за (ЦМИ-1) до отгрузочных бункеров УД-1 и другое.

Сама вращающаяся печь № 1 (рисунок 1) конструкции завода «Сибтяжмаш», г Красноярск, паспортной производительностью 22,5 т/час, в то время не имела аналогов в огнеупорном производстве России.



Рисунок 1 – Вращающаяся печь № 1

Позже обнаружили и негативные стороны работы печи на газе: из-за более низкой, чем у мазута, калорийности (7800-7900 ккал против 8200 ккал) и из-за повышенного пылевыноса из печи за счет высоких скоростей дымовых газов по всему дымовому тракту, снизилась на 4-5 % часовая производительность печи. В то же время, возросли нагрузки на пылеулавливающее оборудование, увеличилось количество улавливаемой пыли, и ниже стал, в целом, КПД всей газоочистки.

Комплекс вращающейся печи № 2 (сама печь и силосный склад для хранения продукции, электрофильтры, КУ-125 № 2 и другое) был введен в эксплуатацию 28 августа 1966 г. В этот день печь была разожжена на газовом топливе. Изготовлена она заводом «Волгоцемтяжмаш» г. Тольятти. Две действующие печи цеха стали выдавать магнезитовых порошков больше, чем все семь вращающихся печей ЦМП-1.

ЦМИ-2 был введен в эксплуатацию в последние месяцы 1967 г., а с мая 1968 г. стал принимать от нашего цеха порошки четырех фракционных составов: фр. 3-1 мм; 1-0 мм; 1-0,5 мм и 0,5 мм.

После ввода в эксплуатацию вращающейся печи № 2, встал вопрос об утилизации части, уловленной на газоочистки из дымовых газов пыли у себя в цехе. Был также оборудован под прием пыли сырьевой бункер № 4 вращающейся печи № 2, с прокладкой в него сети пневмотрасс от обоих баллонов, с монтажом на течке бункера ячейкового питателя. Для стравливания давления избыточного воздуха, на

										15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							10

верхнем перекрытии бункера была смонтирована выхлопная труба с осадителем пыли. И уже в ноябре 1967г. вращающаяся печь № 2 стала обжигать, совместно с сырым магнезитом, подаваемую в нее пыль.

В 1971 году реконструкция объектов очистки дымовых газов была завершена. К этому времени в цехе работали уже 4 вращающиеся печи, того же что и печь № 2, типоразмера, завод – изготовитель «Волгоцемтяжмаш», г. Тольятти: печь № 3 – введена в эксплуатацию 22.08.1969 г., а печь № 4 – 06.01.1970 г.

С января 1970 года, после ввода в эксплуатацию вращающейся печи № 4, по декабрь включительно 1980 года, т.е., в течении одиннадцати лет, в цехе не было ввода новых мощностей.

В 1975 году, после окончания строительства на базе ДОФ-2 (дробильно-обога- тительная фабрика), было пущено в эксплуатацию отделение обогащение магнези- тового сырья в тяжелой суспензии. Это более современный и качественный про- цесс, с довольно высоким уровнем механизации и автоматизации. Тяжелая суспен- зии, применяемая при обогащении, представляет собой взвесь тонкодисперсных тяжелых минералов в воде.

Обогащенное таким методом сырье, сначала отдельно подавалось на одну печь цеха, обжигалось и, отдельным от остальной продукции технологическим пото- ком, фракцией 8-0 мм подавалось на рассев в УД-1 для специального пригото- вления из нее порошков на изделия. В дальнейшем, по мере наращивания объемов обогащения сырья в тяжелой суспензии, количество печей цеха, освоивших новую технологию обжига обогащенного сырья, увеличилось.

С 1974 года в цехе было освоено производство товарных мелкозернистых пери- клазовых порошков для изделий (марки ППТИ-92; ППТИ-90 и ППТИ-88).

После 11-летнего перерыва, в ЦМП-2 практически с нового 1981 года продол- жалось увеличение выпуска периклазовых порошков за счет ввода новых мощно- стей. В канун нового года, а именно 30 декабря 1980г., был произведен розжиг вра- щающейся печи № 5(рисунок 2) .В строительный комплекс этой печи входил си- лосный склад пыли, отделение газоочистки с двухступенчатой очисткой дымовых газов (батареиные циклоны и электрофильтры чешского производства, типа ЕКЕ 1-24/12/-3*8-6/250 А – 3 поля, сечением 73м, установлено 2 таких эл.фильтра), си- стемы пылепроводов с пневмокамерными насосами повышенной емкости (по 3,5 тн =1800 мм) от отделения газоочистки до силосного склада и от него к потреби- телю (бункера вращающихся печей).

В середине 80-х годов, в связи с развитием в металлургической промышленно- сти страны электропечного способа выплавки стали и началом сокращения марте- новского производства, стала возрастать потребность в специальных, мелкозерни- стых периклазовых порошках, относящихся к группе электропечных. После прове- денной своими силами в УД-1 цеха реконструкции потоков дробления и отсева, удалось один из потоков дробления (из трех имевшихся), закольцевав его со своим грохотом, высвободить для изготовления новой для цеха марки электропечных пе- риклазовых порошков.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



Рисунок 2 – Вращающаяся печь № 5

В эти же годы был расширен и ассортимент порошков, подаваемых в ЦМИ-2 на изделия, забракованные после обжига в туннельных печах этого цеха периклазовых изделия, собирались в контейнеры, подвозились там же к щековой дробилке, передрабывались и перевозились в ЦМП-2. Здесь, по отдельному транспортному потоку, через приемный бункер возле холодильного барабана № 1, эта дробленая масса поступала в отдельный силос, а из него в УД-1 на додрабывание и рассев. Высеянная фракция порошка 4-0,5 мм из этого продукта, подавалась совместно с также привозным импортным периклазовым клинкером. В дальнейшем, после ввода в эксплуатацию вращающейся печи № 6, за ее холодильником был построен специальный приемный участок для привозного брака обжига периклазовых изделий. В него входил приемный бункер, емкостью 25-30 тн, под автомобиль марки «Белаз», щековая дробилка с лотковым дозатором и ленточным конвейер.

В июле 1986 года было закончено строительство и введено в эксплуатацию дробильное отделение № 2 (теперь УД-2). Это отделение включало в себя – сам участок дробления.

Технологическая схема нового дробильного отделения предусматривала не только дробление свар и последующий их рассев, но и давала возможность перед рассевом додрабывать свары на валковых дробилках. Кроме того, был предусмотрен и поток помола с двумя стержневыми мельницами для получения тонкомолотой составляющей и периклазовые порошки.

Вращающаяся печь № 6 (рисунок 3) была введена в эксплуатацию 24.07.1978 года и с этого времени строительство комплекса ЦМП-2 считается законченным.

В результате уменьшения выпуска цехом обожженных периклазовых порошков, назрела острая нехватка в отсеивании и подаче мелкозернистых качественных порошков для изделий в ЦМИ-2. Администрацией комбината было принято решение

						15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			12

о перевозке части слабоспеченных магнезитовых порошков автотранспортом из второго участка ЦМП-1 (эти порошки использовались там для производства МСВ продукции и приготавливались из высококачественного магнезитового сырья) в силосный сырьевой склад цеха, а из него подавать порошки для совместного обжига с сырым магнезитом во вращающейся печи № 5 или № 6. Из полученных таким образом намертво обожженных, повышенного качества порошков, с 1994 года в цехе стали производить отсев мелкозернистых фракций для изделий.

Общий объем производства периклазовых порошков и изделий на комбинате, в цехе в том числе, продолжал снижаться. Администрация комбината, изучая и учитывая конъюнктуру развивающегося во второй половине 90-х годов рынка сбыта продукции, своевременно реагировала на его запросы потребителей.



Рисунок 3 – Вращающаяся печь № 6

Необходимо было быстро изыскивать возможности выпуска новых видов продукции, искать новых потребителей, в том числе и из дальнего зарубежья, внедрять новые технологии, кардинально повышать качество уже производимых видов порошков и изделий.

Так в августе 1999 года в ЦМП-2 началось производство и отгрузка сторонним потребителям в ж/д вагонах каустических магнезитовых порошков.

В 2000 годах развитие цеха происходит за счет разработки принципиально новых видов продукции, внедрение новых технологий применение современного отечественного и зарубежного оборудования.

В 2003 году у металлургов широким спросом пользуется, флюсы для раскисления и загущения шлаков при конверторном производстве стали, что позволило значительно повысить срок службы футеровки конвертера.

Цехом освоена технология обжига ФОМ и в 2006 году нарастить их выпуск до 52 тыс. тонн в год.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

14 июля 2000 года закончено строительство и введено в эксплуатацию отделение брикетирования каустической пыли (теперь называется участок помола пресования обжига и формовки УППОиФ).

А также по требованию потребителей организовано затаривание товарных порошков марок ППЭ, ППТИ в МКР, для чего смонтировано два узла по затариванию 20% товарных порошков отгружается потребителям затаренными в МКР. Следующим развитием в цехе стало строительство по расширению УППиФ.

В 2006 году начато строительство потока по производству плотноспеченного клинкера.

29 июня 2008 года произвели розжиг печи «Maerz» 10 августа пущен в работу дробильный комплекс. Поток по производству плотноспеченного клинкера начал работу в полном объеме.

1.2 Основное технологическое оборудование и его техническая характеристика.

Основное технологическое оборудование:

- 1) вращающаяся печь 170 x 4,5 м «Волгоцемтяжмаш»;
- 2) барабанный холодильник 56 x 3,6 м;
- 3) дозатор 959 ДН-т;
- 4) ленточные конвейеры;
- 5) шнековые конвейеры;
- 6) бункера.

Техническая характеристика вращающейся печи (таблица 1).

Таблица 1 – Техническая характеристика вращающейся печи

Наименование:	Размер:
– внутренний диаметр корпуса (без футеровки)	4500 мм
– длина корпуса	170 м
Уклон печи	4%
Производительность печи по обожженному материалу	22т/час
Число оборотов корпуса печи:	
а) при включении главного привода	1,11 об/мин
регулировка числа оборотов- электрическая ступенями (только вниз на 50% от номинального числа)	4,18об/час
б) при включении вспомогательного привода	
Наименование:	Размер:
Количество опор (подшипники качения)	6 шт

Продолжение таблицы 1

- смазка подшипников опор жидкая черпаковая из масляных ванн подшипников с централизованной периодической сменой масла
- смазка редуктора привода жидкая циркуляционная
- смазка венцовой и подвенцовой шестерен жидкая циркуляционная

1.3 Назначение, конструкция, принцип работы вращающейся печи её основных узлов

Применение: Вращающаяся печь (рисунок 4) служит для обжига магнезита, а холодильный барабан для охлаждения его. Дробленый магнезит с ДОФ по канатной дороге в вагонетках доставляется в приемные бункера. Из приемных бункеров по течкам магнезит поступает во вращающуюся печь. Под действием высокой температуры при движении происходит обжиг магнезита. Движение материала происходит за счет уклона корпуса вращающейся печи и холодильного барабана.

В качестве топлива используется природный газ (резервное топливо-мазут). Из вращающейся печи обожженный магнезит по сливу пересыпного колодца попадает в холодильный барабан, где происходит его охлаждение встречным воздушным потоком. Для улучшения охлаждения предусмотрены пересыпные полки и теплообменники.

Посредством сеток рассева происходит разделение обожженной массы по фракциям. Охлажденная масса по течкам поступает на конвейер и транспортируется в ДСО.

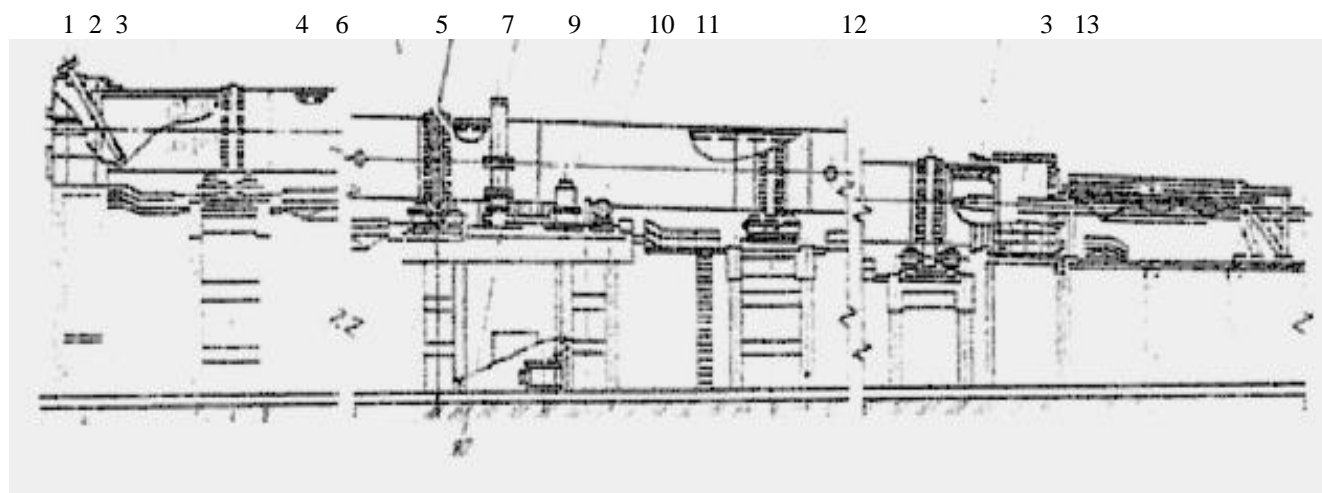


Рисунок 4 – Общий вид вращающейся печи

- 1 – верхняя и нижняя головки печи; 2 – загрузочное устройство; 3 – уплотнение; 4 – подшипник; 5 – опорный ролик; 6 – упорный ролик; 7 – бандаж; 8 – подвенцовая шестерня; 9 – венцовая шестерня; 10 – редуктор; 11 – двигатель; 12 – упорное устройство; 13 – форсунка.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Внутри печь футеруют огнеупорным кирпичом. Длинные вращающиеся печи оборудованы внутripечными теплообменными устройствами (цепные завесы), выполняющие функции внутripечного теплообменника.

Корпус печи бандажами опирается на роlikоопоры. Печь вращается приводом, находящимся примерно посередине корпуса печи. Вращающий момент передается через венцовое колесо.

Печь установлена под уклоном 4% и вследствие ее вращения и уклона происходит продвижение материала.

1.4 Мобильный кран LTM 1160/2 (LIEBHERR)

Краткое описание крана LTM 1160/2 (LIEBHERR) (рисунок 5) применяемый для строповки (транспортировки) вращающейся печи:

- превосходные грузовые характеристики, соответствующие массам противовесов 0 т, 11 т, 23 т, 35 т. и 50 т.;
- надежный турбодизель Liebherr, 400 кВт/544 л.с. (Euro II) на шасси крана;
- компактное и высокоманевренное шасси повышенной проходимости, 5 управляемых мостов, минимальный радиус поворота – 10,3 м;
- новая 6-секционная стрела с овальным профилем и уникальными прочностными свойствами, длина основной стрелы 13,2-60 м. Система телескопирования «Telematik» работает в ручном и автоматическом режимах;



Рисунок 5 - Мобильный кран LTM 1160/2 (LIEBHERR)

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

- 3-х секционный удлинитель стрелы позволяет увеличивать длину стрелы на 12,2 – 36 м. Он может устанавливаться под углами 0°,15°,30° или 45° к основной стреле;

- комплексная электро-гидравлическая система управления приводами, включающая электронный блок LICCON;

- LICCON – наиболее передовая бортовая компьютерная система, с помощью которой оператор управляет и получает информацию о работе всех систем крана. Кроме того, LICCON – самая надежная система безопасности;

- дизельные двигатели, приводы поворота, подъема, гидронасосы и опорно-поворотное устройство являются высококачественными компонентами производства Liebherr;

- LTM 1160/2 производится фирмой Liebherr в соответствии с системой обеспечения качества DIN ISO 9001 и сертифицирован Госгортехнадзором РФ.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Принцип работы основных узлов

По принципу работу вращающиеся печи различают:

- по принципу теплообмена — с противотоком и с параллельным током газов и материала;

- по способу передачи энергии — с прямым, косвенным (через стенку муфеля) и комбинированным нагревом обрабатываемого материала.

По назначению вращающиеся печи делят: вращающиеся печи для спекания шихт в производстве глинозёма, получения цементного клинкера, окислительного, восстановительного, хлорирующего обжига, прокалики гидроокиси алюминия, кокса, карбонатов, сульфатов и др., обезвоживания материалов, извлечения цинка и свинца (вельц-печи), получения железа или сплавов цветных металлов их прямым восстановлением из руд в твёрдой фазе (кричные печи), обжига огнеупорного сырья и др.

Вращающиеся печи работают по принципу противотока, т.е. материал, подвергающийся обжигу, и горячие газы движутся навстречу друг другу. Большинство вращающихся печей в огнеупорной промышленности работают на природном газе. На заводах, которые еще на получают природного газа от магистральных сетей, печи работают на мазуте.

Природный газ подается на горелку, находящуюся в головке нижнего горячего конца вращающейся печи. Вторичный горячий воздух подается в печь вентилятором из холодильника.

Исследованиями, проведенными на ООО «Группа Магнезит», установлено что применение диффузионных высокоскоростных горелок ГДГ-1 по сравнению с диффузионной нерегулируемой горелкой типа труба дает экономию природного газа и улучшает основные показатели работы печи. При отключении природного газа предусмотрен перевод печи на отопление мазутом.

2.2 Корпус вращающейся печи (основные узлы)

Вращающаяся печь состоит из корпуса с надетыми на него бандажами, роликовых опор, привода, холодной головки с пылевой камерой с загрузочными устройствами, горячей головки и холодильника.

Корпус печи (обжиговый барабан) представляет собой металлический цилиндр, изготовленный из листовой стали. Внутри цилиндр зафутерован огнеупорными изделиями (кирпичом). Элементы корпуса печи, называемые обечайками, имеют длину, соответствующую ширине листа, длина которого обычно равна длине окружности корпуса.

Большая часть печей огнеупорной промышленности имеет внутренний диаметр корпуса 3-3,6 м и длину 50-90 м (в моем случае диаметр 4,5 м, длина 170 м) Корпус

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

печи установлен с наклоном к горизонтальной плоскости около 5 % (в моем случае 4%) в сторону выхода обожженного материала.

На корпусе печи закреплены стальные кованые бандажы, опирающиеся на стальные ролики. Роликовые опоры состоят из двух опорных роликов, которые насажены на оси в горячем состоянии. Ролики вращаются с частотами примерно в четыре раза большими, чем бандаж, поэтому поверхность роликов изнашивается значительно быстрее, чем поверхность бандаж. Таким образом обеспечивается долговременная работа бандажей, замена которых требует много времени и стоимость значительно выше, чем роликов. Оба корпуса подшипников каждого ролика закреплены болтами на плите, которая в свою очередь болтами закреплена на раме роликовой опоры. При уменьшении расстояния между роликами, т.е. их сдвигании, корпус печи поднимается, а при раздвигании опускается. При сдвигании только передних либо задних корпусов подшипников оси роликов могут занять положение, не параллельное оси корпуса. При этом корпус барабана во время вращения будет передвигаться вдоль своей оси.

Корпус печи между точками опоры работает в основном на изгиб. Допустимое напряжение металла на изгиб определяет, какой толщины должен быть корпус печи и расстояние следует установить между соседними роликовыми опорами. Толщину корпуса в зоне спекания обычно принимают 40-45, а в других зонах 20-35 мм. Кроме изгибающих усилий, на корпус печи действуют срезающие силы.

При неравномерном распределении нагрузки на корпус из-за резких отклонений его температуры от нормы, дефектов монтажа и регулировки печи касательные и изгибающие напряжения могут деформировать и даже разрушить корпус печи.

Наиболее вредно отражается на состоянии корпуса печи неравномерное распределение температур в его поперечных сечениях. Неравномерное распределение механических нагрузок происходит из-за концентричной посадки бандажей на корпус, неплотного прилегания футеровки к корпусу, чрезмерного перекоса роликов, применяемого для удержания печей в среднем положении вдоль оси печи, и др.

Для противодействия деформирующим усилиям увеличивают толщину, а, следовательно, и жесткость корпуса, доводя ее под бандажими и приводной шестерней до 60-120 мм. Для создания плавного перехода к более тонким секциям в соседних с утолщенными секциями устанавливают секции толщиной 50-70 мм. Применяемое ранее приваривание колец жесткости к корпусу печи не оправдало себя и в последнее время не используется.

Для предотвращения ускоренного разрушения футеровки на стыках отдельных секций корпуса рекомендуется не устанавливать роликовых опор в зоне максимальных температур, не делать соединения отдельных секций корпуса под приводной шестерней и под бандажими.

При работе печи корпус может перемещаться на роликах вдоль своей оси. Незначительные перемещения, когда края бандажей находятся в пределах ширины роликов, представляют собой обычное явление. Для предотвращения больших перемещений корпуса печи вдоль своей оси, в результате которых бандаж может

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

сойти с роликов, устанавливают контрольные ролики. Располагают контрольные ролики на вертикальных осях с обеих сторон ребер бандажей.

При правильном положении корпуса печи во время работы между ребрами бандажа и боковой поверхностью контрольных роликов должен быть зазор. В случае чрезмерного перемещения корпуса печи вдоль его оси ребро бандажа будет нажимать на контрольный ролик и поворачивать его на оси, при этом включится сигнализация, предупреждающая персонал о необходимости принять немедленные меры по установлению печи в правильное положение. Контрольные ролики выдерживают ограниченное давление печи при своевременном принятии мер оси контрольных роликов ломаются.

Корпус печи получает вращение через разъемную венцовую шестерню, которая у печей большого диаметра состоит из двух и более частей. Венцовая шестерня находится в зацеплении с подвенцовой шестерней, которая может перемещаться по плите со своими подшипниками, зафиксированными упорными болтами. Вал подвенцовой шестерни вращается от электродвигателя посредством редуктора.

Нижний разгрузочный конец печи входит в откатную футерованную головку, на лицевой стороне которой установлены горелка для подачи топлива в печь и гляделки для наблюдения. Головки печей большого диаметра имеют обычно стационарную головку. Верхний загрузочный конец печи входит в камеру, соединяющую ее с пылесадительными устройствами. Для предотвращения подсоса наружного воздуха в местах соединения корпуса печи как с головкой, так и с камерой на загрузочном конце устанавливают уплотнительные устройства, имеющие важное значение для эффективной работы печи, холодильника, запечных теплообменных пылеочистительных и тяговых установок.

Температура отдельных участков корпуса и других металлических деталей печи не должна превышать 300-350 °С, учитывая, что при более высокой температуре возникают большие напряжения и прочность металла резко падает.

Обожженный материал из корпуса печи через головку поступает в холодильник для охлаждения воздухом.

2.3 Холодильный барабан

Барабанный холодильник представляет собой цельносварной барабан диаметром 2,5-3,6 м, длиной 20-56 м, вращающийся на двух роликовых опорах, а при больших диаметрах и длинах печи на трех роликовых опорах. Частота вращения барабана 1,5-3 об/мин. Барабан устанавливают с уклоном 3,5-5% в сторону выхода материала.

Выгрузочный конец барабана холодильника на протяжении 2 м имеет отверстия, размеры которых обеспечивают прохождение кусков материала, позволяющих их использование без дальнейшего измельчения, и представляет собой бара-

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

баннный грохот. Материал, прошедший через указанные отверстия, попадают в воронку, откуда поступает в транспортер. Куски, не прошедшие через отверстия направляются на другой транспортер и поступают на дробильную установку.

Загрузочная часть барабана холодильника на протяжении одной трети своей длины футеруется огнеупорными изделиями. Для увеличения интенсивности охлаждения в средней и холодных частях холодильника прикрепляют полки из швеллеров.

На корпусе холодильника установлены бандажи и венцовая шестерня. Привод осуществляется от электродвигателя через редуктор.

2.4 Привод вращающейся печи

В цехе № 2 металлургического порошка ООО «Группа Магнезит» работают четыре вращающиеся печи, изготовленные заводом им. Тельмана (ГДР), с внутренним диаметром 4,5 м, длиной 170 м. Уклон корпуса печи составляет 4 %. Корпус печи установлен на шести опорах с подшипниками качения. Производительность печи по обожженному магнезиту составляет 23 т/ч.

Главный привод печи, предназначенный для вращения корпуса печи, состоит из двух электродвигателей 1 (рисунок 6), каждый из которых посредством редуктора 2 с передаточным числом $i_1=87,82$ передает вращение кулачковой муфте 3, которая вращает вал подвенцовой шестерни 4 с модулем 45. Обе подвенцовые шестерни 4 находятся в зацеплении с венцовой шестерней. Одна подвенцовая шестерня находится в зацеплении с венцовой в правой нижней ее четверти, а вторая – в левой.

Первое время печи работали с электродвигателями главного привода мощностью 250 кВт, 750 об/мин переменного тока, поставленными заводом-изготовителем. Частоту вращения корпуса печи можно было изменять от 0,8 до 1,1 об/мин.

Указанные электродвигатели были заменены на электродвигатели постоянного тока мощностью 175 кВт, 460 В. Частоту вращения корпуса печи стало возможно изменять плавно от 0,7 до 1,2 об/мин.

Вспомогательный привод предназначен для прокручивания вращающейся печи при ремонтных, футеровочных работах и в случаях аварийного выхода из строя электродвигателя главного привода или отключения электроэнергии. Редуктор 5 (рисунок 6) вспомогательного привода с передаточным числом $i_2=20,49$ соединен с быстроходным валом редуктора 2 главного привода. Электродвигатель 6 мощностью 14 кВт, 735 об/мин. передает вращение редуктору 5 вспомогательного привода, который вращает корпус печи с частотой вращения 4,18 об/ч.

В печах указанной конструкции исключена необходимость перекоса опорных роликов для удержания корпуса печи в правильном положении. Для предотвращения перемещений корпуса печи вдоль ее оси, в результате которых может произойти сход бандажей с роликовых опор, первые четыре бандажа оборудованы упорными роликами с гидравлической системой восприятия осевых усилий.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

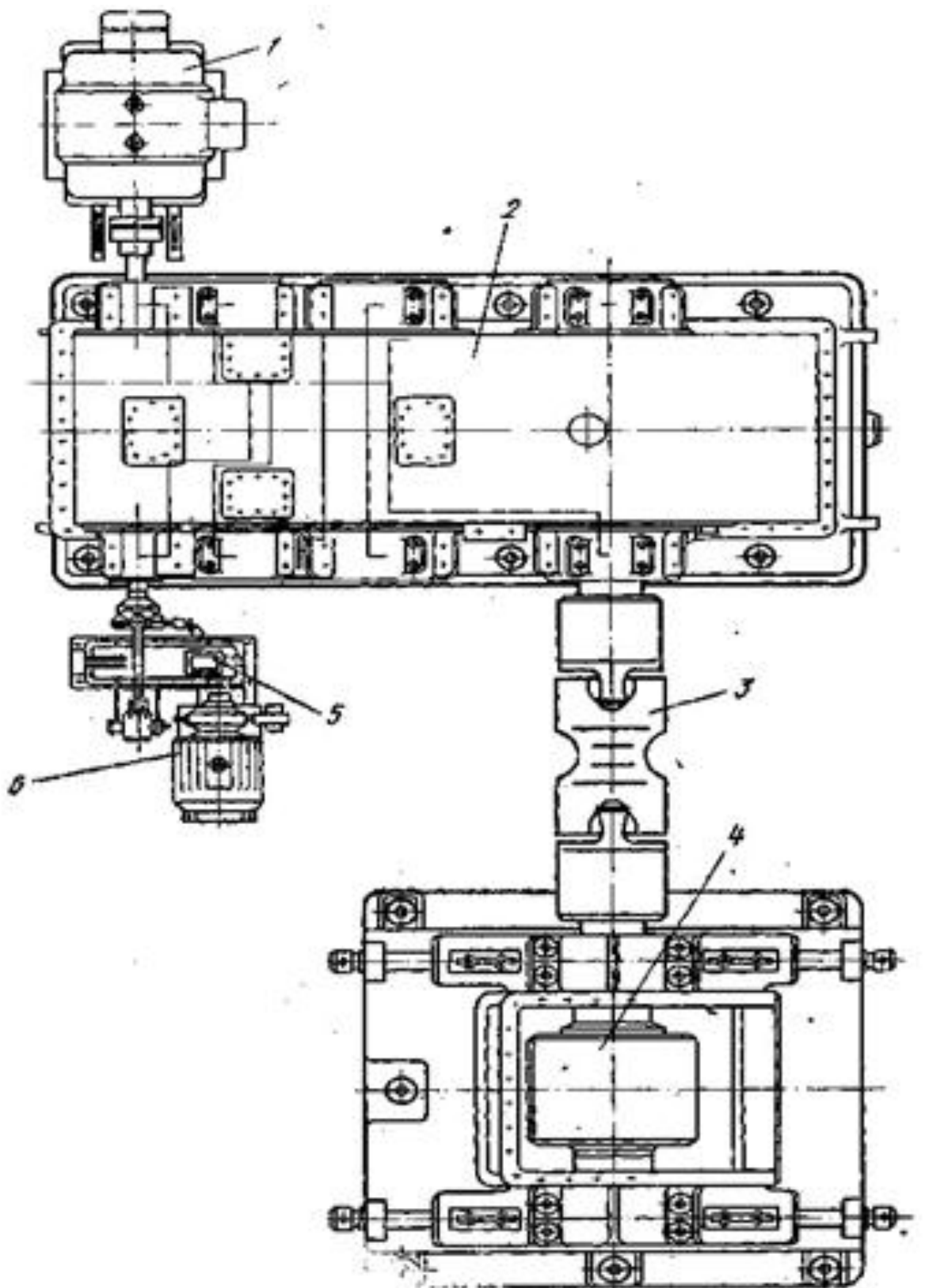


Рисунок 6 – Привод печи диаметром 4,5 м и длиной 170 м

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Упорными роликами аналогичной конструкции оборудовано два банджа холодильника. Давление жидкости в системе гидравлических упоров печи составляет 15 МПа, а в системе упоров холодильника 10 МПа.

Диаметр корпуса холодильника составляет 3,6 м, длина 56 м, уклон корпуса холодильника 3,5 %, частота вращения холодильника 2,85 об/мин. Холодильник установлен на трех роликовых опорах с подшипниками качения. Привод холодильника состоит из электродвигателя мощностью 125 кВт, 725 об/мин, соединенного с редуктором, который вращает подвенцовую шестерню, находящуюся в зацеплении с венцовой шестерней, закрепленной на корпусе холодильника.

Нижний разгрузочный конец корпуса печи входит в стационарную горячую головку. Уплотнительное устройство состоит из входящих друг в друга лабиринтных колец, приваренных к корпусу печи и ее головке. Воздух из помещения, подающийся в наружный кольцевой канал лабиринтного уплотнения, отсасывается из него вентилятором, что предотвращает попадание этого воздуха в печь.

2.5 Исследование работы вращающейся печи

ООО «Группа Магнезит» и Восточный институт огнеупоров исследовали работу печи при частотах вращения 0,75; 0,85; 0,95; 1,1 и 1,2 об/мин.

При подаче на обжиг магнезита фракций 0-40 мм и сравнительном постоянстве зернового химического составов увеличение частоты вращения печи характеризовалось уменьшением расхода электроэнергии, незначительным уменьшением открытой пористости порошков и незначительным увеличением производительности печи.

С увеличением частоты вращения печи от 0,75 до 1,2 об/мин. изменяется зерновой состав обожженных порошков: на 8-10 % уменьшается содержание зерен крупнее 20 мм и соответственно увеличивается количество более ценных мелкозернистых фракций, пригодных для производства изделий. Следовательно, при частоте вращения 1,2 об/мин. улучшаются показатели работы печи.

Технико-экономические показатели работы печи существенно зависят от размера зерен магнезита, подаваемого на обжиг. Чем меньше частицы, тем больше поверхность тепловосприятия и интенсивность усвоения тепла материалом. С уменьшением размера зерен интенсифицируется процесс обжига и уменьшается время на завершение диссоциации и спекание каждой частицы. При этом существенно улучшаются технико-экономические показатели работы вращающихся печей: увеличивается их производительность, уменьшаются пылеунос, коэффициент расхода сырья и удельный расход топлива без снижения плотности обожженных порошков.

Перечисленные зависимости подтверждаются также результатами обжига магнезита во вращающихся печах диаметром 3,5 м и длиной 90 м.

Работа на ООО «Группа Магнезит» вращающихся печей диаметром 4,5 м и длиной 170 м с отношением длины к диаметру 37,5 : 1 показала ряд их преимуществ по сравнению с печами, для которых отношение длины к диаметру составляет 25 :

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

1 и 20 : 1, а именно: повысилось качество обжига (снизилась пористость), уменьшились коэффициент расхода сырья и удельный расход топлива.

2.6 Модернизация конструкции роlikоопоры

Роlikоопоры через бандажи воспринимают нагрузку от массы корпуса печи с огнеупорной футеровкой и обжигаемого материала, а также осевые усилия, возникающие вследствие наклона печи и частого перемещения корпуса вдоль осевой линии из-за меняющихся тепловых воздействий. Ролики опор располагаются на одинаковых расстояниях от вертикальной плоскости симметрии печи.

У печей Цмп№2 ООО «Группа Магнезит» роlikоопоры с подшипниками скольжения, которые имеют черпаковую систему смазки и циркуляционную систему охлаждения. Их недостатками являются:

- неравномерность нагрузки на бронзовую полувтулку;
- сложность конструкции;
- ненадежность смазки;
- проникновение пыли в подшипник;
- интенсивный износ упорного кольца;
- большая мощность на преодоление сил трения при вращении.

В настоящее время практически все вновь выпускаемые отечественные вращающиеся печи оснащают опорами на подшипниках качения.

Эксплуатация вращающихся печей с опорами на подшипниках качения показала ряд их преимуществ по сравнению с конструкциями опор на подшипниках скольжения, заключающихся в снижении расходов электроэнергии, цветных металлов и в повышении надежности опор и привода.

Конструкция опорного блока на подшипниках качения приведена на рисунке 7, а типоразмерный ряд серийно выпускаемых опорных блоков в таблице 2.

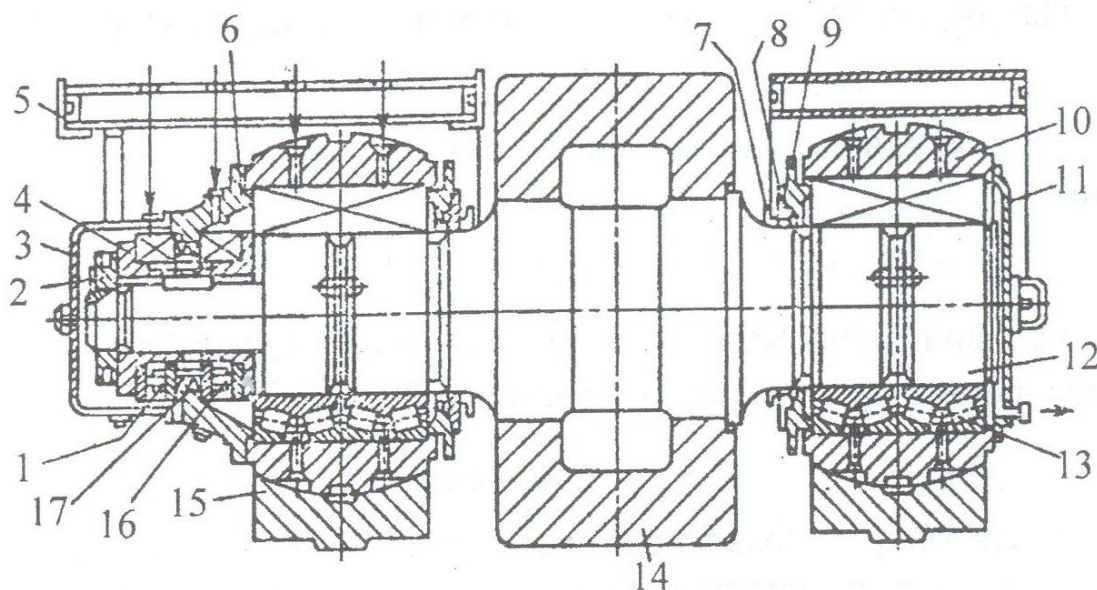


Рисунок 7 – Опорный блок

бандажей не будут свисать с роликов, ведущая и ведомая шестерни будут работать с полным зацеплением по длине зубьев и не нарушится нормальная работа сопряженных деталей уплотнительных устройств печи.

Для контроля положения корпуса печи на опорных роликах у одной из опор, обычно близ которой находится приводной механизм печи, устанавливают два контрольных ролика: один с правой, а второй с левой стороны бандажа. Контрольные ролики располагают на таком расстоянии один от другого, при котором зазор между каждым роликом и бандажом, занимающим среднее положение между роликами, равен 20...60 мм. При меньшем зазоре работа печи сопровождалась бы почти постоянным давлением бандажа на один из роликов и износом деталей контрольного устройства.

В пределах принятого зазора бандаж вместе с корпусом смещается по опорным роликам, не соприкасаясь с контрольными. При дальнейшем смещении корпуса, бандаж производит давление на контрольный ролик, который начинает вращаться, сигнализируя о максимально допустимом смещении корпуса вдоль оси и о необходимости принять меры к восстановлению равновесия его на опорах.

Контрольные ролики не являются постоянными упорами, противодействующими движению корпуса по опорам вверх или вниз, но они должны быть настолько прочными, чтобы выдерживать давление, производимое на них бандажом, пока корпус вновь не будет установлен в среднее положение.

Контрольные ролики (рисунок 8) – наиболее простые предохранительные устройства. Они представляют собой полую литую стойку 1, на которой, опираясь на сферические роликовые и упорные подшипники 2 и 4, вращается ролик 3.

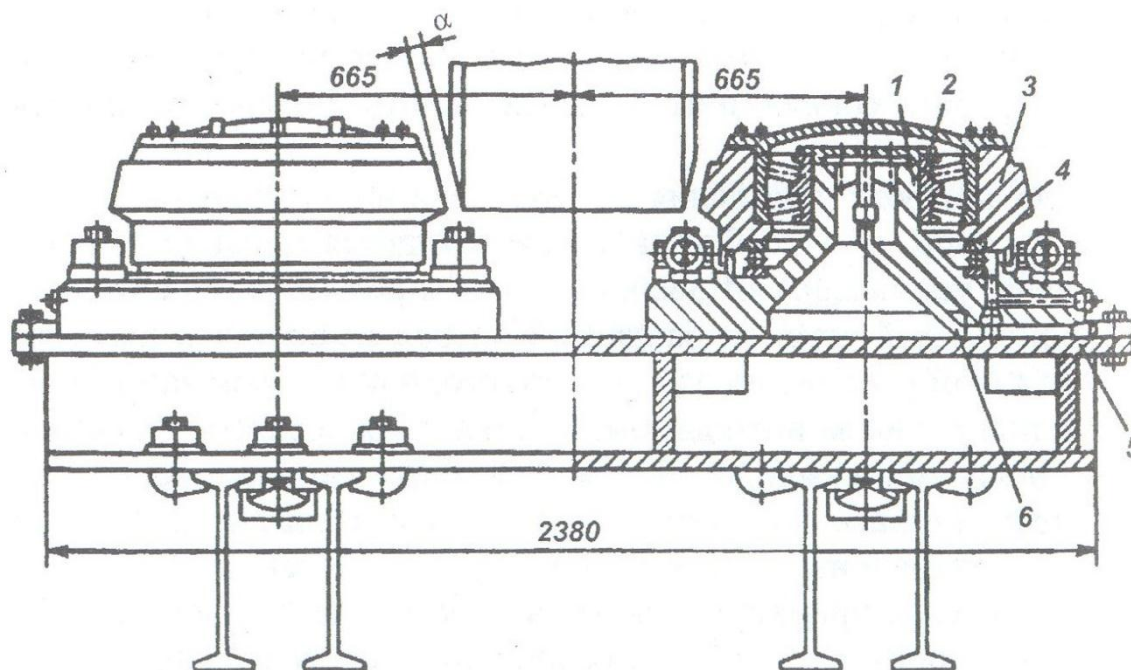


Рисунок 8 – Схема установки контрольных роликов

Смазка подшипников осуществляется с помощью циркуляционной системы 6. Два контрольных ролика закреплены на раме 5 с межцентровым расстоянием, обеспечивающим одинаковый зазор α между роликами и бандажом исполнения 2 в пределах 20...60 мм.

Работа контрольных роликов заключается в следующем. Корпус печи при вращении постепенно смещается вниз, к разгрузочному концу, до соприкосновения бандажа с роликом, что вызывает его вращение. Это является сигналом о достижении максимально допустимого смещения корпуса печи и о необходимости принятия мер для возврата корпуса печи в нейтральное положение. Для контроля положения корпуса печи при его подъеме вверх служит верхний контрольный ролик, установленный с другой стороны бандажа.

На рисунке 9 показан ролик, который состоит из стойки 1, установленной на фундаментальной раме. На стойку насаживают ролик 2 с двухрядным роликоподшипником 3. Ролик опирается на подшипник 4. Смазку подшипников ролика производят периодически: подвод масла осуществляется по трубопроводу 5, а от вод – по трубопроводу 6. Лабиринтное уплотнение 7, и крышка 8 защищают подшипники от попадания в них пыли. Контрольные ролики должны обладать достаточной прочностью и выдерживать давление, периодически создаваемое бандажом. При неправильной эксплуатации печи корпус, смещаясь в осевом направлении, может разрушить контрольный ролик.

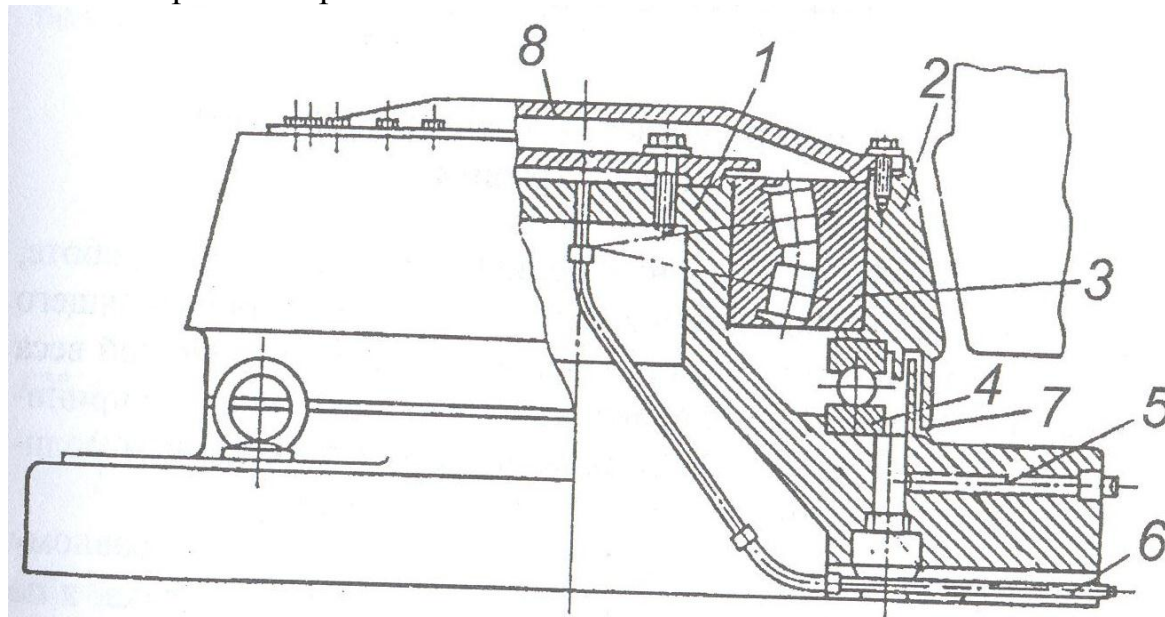


Рисунок 9 – Контрольный ролик

2.8 Автоматизация и КИП

Автоматизированное управление ходом технологического процесса основной своей целью имеет стабилизацию с высокой точностью температурного режима вращающейся печи с внесением минимальных возмущений в ход процесса, а также

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

управление плавным изменением параметров режима при необходимости оптимальной настройки хода технологического процесса.

Автоматизированное управление ходом технологического процесса реализуется как адаптивное управление загрузкой сырого магнетита, расходом природного газа и разрежением в зависимости от изменения температур в пылевой камере, в газоходе, в пересыпном колодце и от статистических данных о загрузке и температуре в газоходе.

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

В результате выполнения проекта по разработке регулятора теплового режима (РТР) был сделан вывод о том, что в значительной мере неудачи предшественников объясняются стремлением автоматизировать труд обжигальщика, а не управление технологическим процессом обжига.

В результате автоматика не могла выполнить работу обжигальщика лучше, чем сам обжигальщик. Это и было основной причиной, почему такие системы не приживались на производстве.

Алгоритм регулирования заключается в выработке параметров загрузки печи, расхода природного газа и разрежения, требуемых для оптимизации хода технологического процесса обжига, с учетом значений следующих наблюдаемых и вычисляемых параметров технологического процесса:

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

Главным в работе регулятора теплового режима (рисунок 10) является принцип внесения минимальных возмущений в ход технологического процесса. Регулятор постоянно рассчитывает значение загрузки в текущий момент, необходимое для оптимального управления технологическим процессом. Под оптимальным управлением понимается изменение загрузки сырого магнетита на столько, насколько

это необходимо для удержания хода технологического процесса в заданных границах, без перегрузки или недогрузки печи.

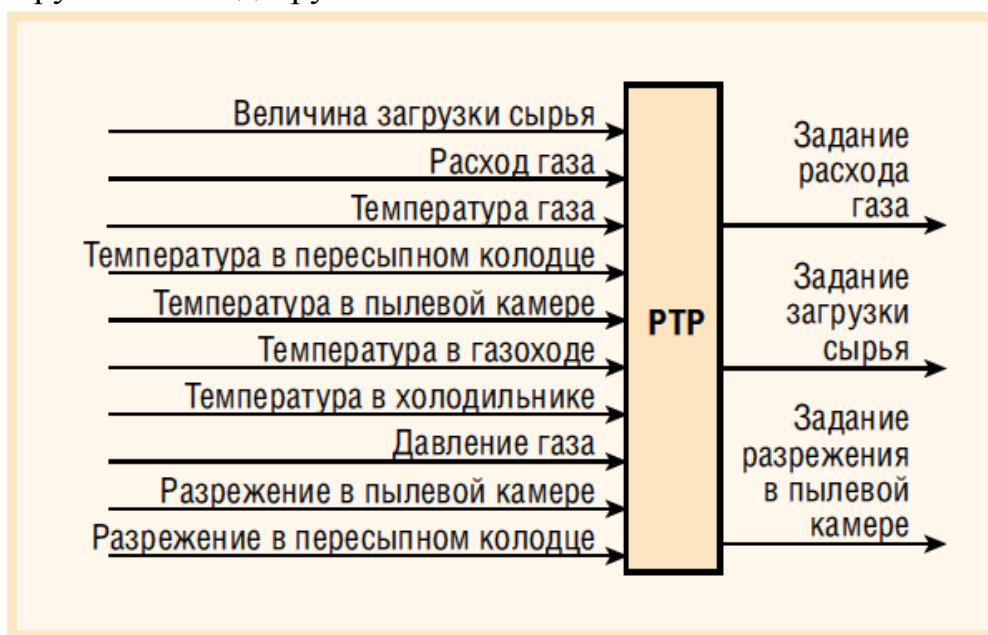


Рисунок 10 – Регулятор теплового режима

Необходимое воздействие на печь достигается путем управления загрузкой таким образом, что среднее значение загрузки, в конечном итоге определяющее ход технологического процесса, остается величиной практически постоянной в промежутке времени, сравнимом с общим временем движения материала в печи.

Все параметры регулятора теплового режима (PTR) — и расчётные, и измеряемые — делятся на три основные группы:

- параметры, определяющие динамику печи, изменение и регулирование режима;
- параметры, определяющие статику печи, стабилизацию режима;
- параметры, определяющие характеристики системы печь регулятор.

На динамику печи влияют следующие параметры:

- текущая температура отходящих газов в газоходе;
- текущая температура отходящих газов в пылевой камере;
- текущая величина загрузки сырого магнезита;
- скорость изменения температуры в пылевой камере за пять секунд;
- ускорение изменения температуры в пылевой камере за пять секунд;
- значение прогнозируемой температуры в пылевой камере;
- заданная величина загрузки сырого магнезита;
- средняя скорость изменения температуры в пылевой камере;
- заданная скорость изменения температуры в пылевой камере;
- скорость изменения температуры в газоходе за пять секунд;
- значение прогнозируемой температуры в газоходе;

— разность температур в газоходе и в пылевой камере.

На статику печи оказывают влияние следующие параметры:

- разность текущей и заданной температур отходящих газов в пылевой камере;
- температура термопары в пересыпном колодце;
- температура материала на выходе из холодильника;
- средняя величина загрузки сырого магнезита за пять минут;
- средняя температура в пылевой камере за три часа;
- средняя температура в пересыпном колодце за шесть часов;
- средняя величина загрузки сырого магнезита за час;
- заданная температура в пересыпном колодце;
- заданная температура в пылевой камере.

Характеристику системы печь регулятор определяют, в числе прочих, следующие параметры:

- значение температуры в пылевой камере, полученное в предыдущем цикле измерения;
- значение коэффициента существенных изменений (КСИ);
- положение исполнительного механизма при загрузке сырого магнезита;
- ограничение минимума задания температуры в пылевой камере;
- средняя разность заданной и текущей величин загрузки сырого магнезита;
- положение ключа включения ограничения задания температуры в пересыпном колодце;
- коэффициент передачи регулятора теплового режима;
- среднее значение коэффициента адаптации (КА);
- коэффициент передачи дозатора (код/загрузка);
- положение ключа включения регулятора загрузки;
- величина тока контроля работы тиристорного блока управления загрузкой;
- код, определяющий величину тока, выдаваемого на тиристорный блок управления загрузкой;
- задание поддерживаемой регулятором величины загрузки;
- задание положения исполнительного механизма.

Показания вторичных приборов тепловых и технологических параметров работы печи объединены в три основные группы и вынесены на три специальных щита:

- щит управления обжигальщика;
- щит машиниста котла-утилизатора;
- щит оператора преобразовательной подстанции отделения «Газоочистка».

На щит обжигальщика вращающейся печи вынесены следующие приборы:

- автоматический самопишущий потенциометр ПСП-1-52 для контроля температуры в пылевой камере;

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- автоматический самопишущий потенциометр ПСР-1-0,1 для контроля температуры отходящих газов в газоходе;
- автоматический самопишущий прибор с дифференциально-трансформаторной схемой ДСР-1-14 для контроля разрежения в газоходе;
- автоматический самопишущий прибор с дифференциально-трансформаторной схемой АСД-2564 для контроля расхода газа, подаваемого в печь;
- автоматический прибор с дифференциально-трансформаторной схемой ОБМ-160 для контроля давления газа, поступающего на горение;
- вторичный прибор ВФС-М2Г-РР для контроля за загрузкой материала во вращающуюся печь с помощью ДН-959-63;
- задатчик дистанционный пультовый сдвоенный 2ДЗН-24-У-4 для увеличения или снижения загрузки магнетита во вращающуюся печь;
- вторичный прибор ВФС-4 для контроля производительности вращающейся печи.

Кроме этого имеются следующие приборы для контроля печи:

- пружинный манометр ОБ 14-1 -100 для контроля за давлением газа, мазута в магистрали;
- сигнализатор падения давления газа, мазута СПДН-300.

Для повышения производительности и улучшения условий труда и качества продукции устанавливается компьютерная система, где все данные работы печи выводятся на экран (рисунок 11). С помощью этого можно более точно регулировать режим работы печи.

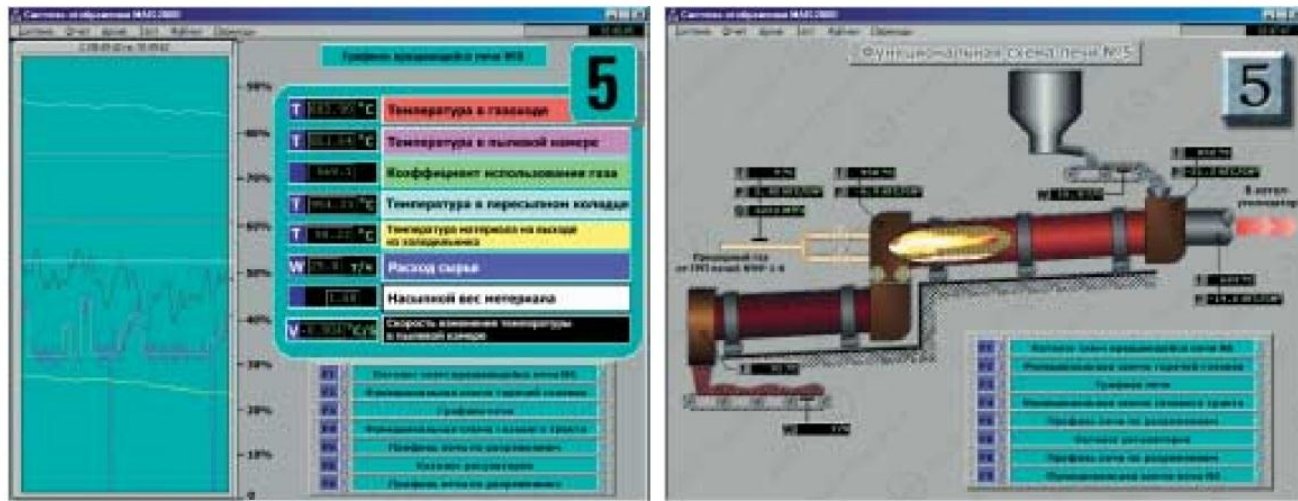


Рисунок 11 – Пример копий экрана компьютера на рабочем месте

Схема теплового контроля предусматривает автоматическое измерение и запись на диаграмме приборов расхода природного газа, разрежения в горячей головке печи и пылеосадительной камере, а также температуру газов в зоне обжига, в пылеосадительной камере и перед дымососом. Рассмотрим систему автоматического контроля и регулирования процесса обжига вращающейся печи (рисунок 12). Расход природного газа измеряется мембранным дифференциальным манометром

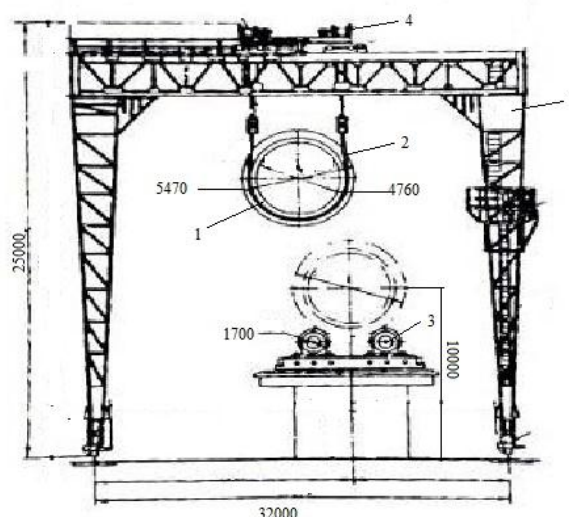


Рисунок 12 – Монтаж блока корпуса печи козловым краном г.п. 50/10
1-блок корпуса печи; 2-строп; 3-роlikоопора; 4-тележка крана; 5-кабина;

Перемещение груза в стороны происходит за счет грузовой тележки, которая движется по мостовому пролету. Козловой кран типа г.п 50/10 имеет главный и вспомогательный подъем, краткая характеристика отображена в таблице 3. Пример монтажа блока вращающейся печи изображен на рисунке -12.

Таблица 3 – Основные технические данные и характеристики козлового крана

Максимальная грузоподъемность, главного подъема	50 т
Максимальная грузоподъемность, вспомогательного подъема	10 т
Максимальная высота поъема	19 м
Длинна пролета	35 м
Длинна колеи	35 м
Скорость передвижения крана	8 м/мин

Так как козловые краны физически и морально устарели, было принято решение использовать автокран LIEBHERR, общая характеристика крана приведена в таблице 4.

Автокран LIEBHERR имеет большую мобильность и дает возможность использовать один автокран вместо двух козловых кранов. Тем самым становится экономически более выгодным в использовании.

Для монтажа (демонтажа) роlikоопоры необходима установка автокрана (рисунок 13). Автокран устанавливается на подготовленную площадку размером 10 м на 13 м, выполняется подсыпка щебнем фракции 0-50 мм и утрамбовывается. После этого устанавливаются выносные опоры автокрана.

Перемещение груза производится за счет поворота башни крана и длины стрелы. Подъем груза осуществляется изменением длины троса крюка автокрана.

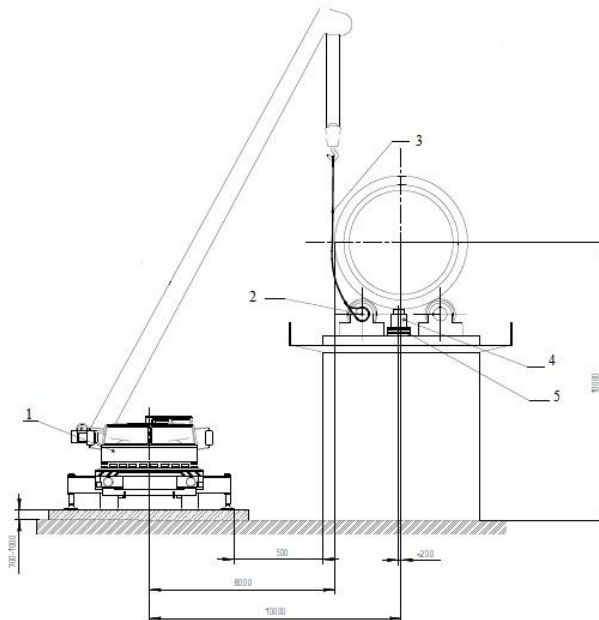


Рисунок 13 – Монтаж роlikоопоры автокраном LIEBHERR
1-автокран; 2-роlikоопоры; 3-строп; 4-домкрат; 5-подкладки;

Таблица 4 – Основные характеристика автокрана LTM 1160/2 (LIEBHERR)

Максимальная грузоподъемность	160 т
Вылет стрелы	13,1-62 м
Количество осей	5
Скорость передвижения	85 км/ч
Общий вес	54 т

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчет роликоопор на прочность и жесткость

Наибольший изгибающий момент, находящийся в сечении бандажа под роликом, под углом к вертикали φ :

$$M_{\max} = 0,648 \cdot R_{cp} \cdot (k \cdot Q - P_4) + 0,0872 \cdot P_4 \cdot R_{cp} \quad (1)$$

Предварительно определим расчетные усилия на ролики.

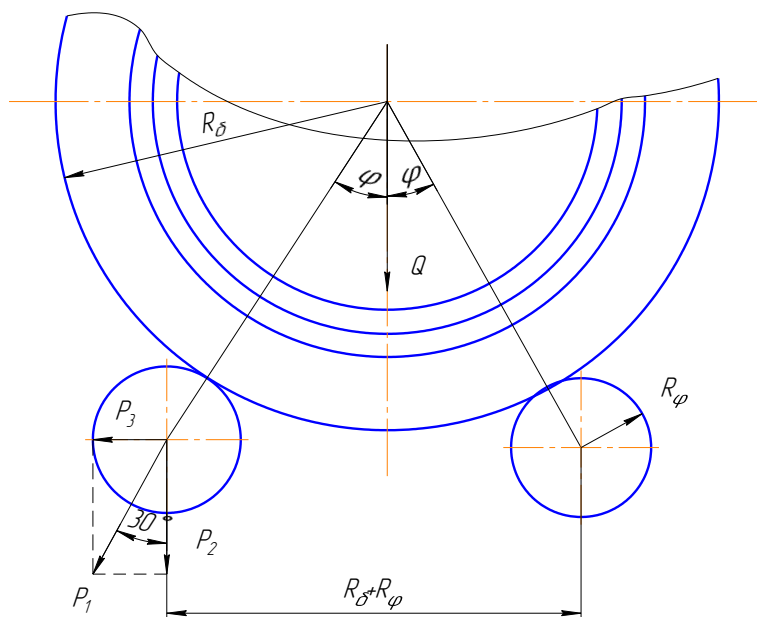


Рисунок 14 – Схема сил, действующих на опорные ролики

$$P_1 = \frac{Q}{2 \cdot \cos \varphi}, \quad (2)$$

где P_1 – сила давления на каждый ролик,

Q – вес печи приходящийся на опору, с учетом веса материала и бандажа,

$$Q = 7800000 \text{ Н.}$$

Тогда:

$$P_1 = \frac{780}{2 \cdot \cos 31^\circ 26'} = 450900 \text{ Н.}$$

Вертикальная составляющая:

$$P_2 = P_1 \cdot \cos 31^\circ 26', \quad (3)$$

где P_2 – сила, прижимающая ролик к фундаментальной плите и создающая силу трения, которая частично препятствует перемещению корпуса опорных роликов от действия горизонтальной составляющей.

$$P_2 = 450900 \cdot \cos 31^\circ 26' = 390479 \text{ Н}.$$

Горизонтальная составляющая:

$$P_3 = P_1 \cdot \sin 31^\circ 26', \quad (4)$$

где P_3 – сила, действующая на стяжные шпильки.

$$P_3 = 450900 \cdot \sin 31^\circ 26' = 225450 \text{ Н}.$$

Сила трения:

$$F = f \cdot P_2 \quad (5)$$

$$F = f \cdot P_2 = 0,15 \cdot 390479 = 58571 \text{ Н}$$

Усилие, на которое рассчитываются стяжные шпильки или упорные болты:

$$T = P_3 - F \quad (6)$$

$$T = 2250 - 58571 = 166879 \text{ Н}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 0,648 \cdot 3,276 \cdot (1,45 \cdot 780000 - 40000) + 0,0872 \cdot 40000 \cdot 3,267 = \\ &= 2302,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Определим сечение бандажа из условия прочности:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma] = 80 \text{ Н/мм}^2 \quad (7)$$

$W = \frac{b \cdot h^2}{\sigma} = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}$, поскольку у сварного бандажа высоту приняли равной 535мм, найдем ширину бандажа:

$$b = \frac{\sigma \cdot M_{\max}}{[\sigma] \cdot h^2} \quad (8)$$

$$b = \frac{\sigma \cdot M_{\max}}{[\sigma] \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 2,302 \cdot 10^9}{80 \cdot 535^2} = 383 \text{ мм}$$

Принимаем $h=538\text{мм}$, $b=400\text{мм}$.

3.2 Проверка бандажа и опорных роликов на контактную прочность

Бандаж испытывает контактные напряжения смятия в местах соприкосновения с опорными роликами. Долговечность бандажей и роликов в основном зависит от контактных напряжений, которые возникают в точках соприкосновения бандажа и роликов.

Цилиндры соприкасаются по линии контакта, ширина полосы c , определяется по формуле:

$$c = 2,16 \cdot \sqrt{\frac{P_\sigma}{E} \cdot \frac{D_p \cdot D_\sigma}{D_p + D_\sigma}} \quad (9)$$

где P_σ – удельное давление,

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$P_{\sigma} = 0,578 \cdot \frac{Q}{b} \quad (10)$$

$$P_{\sigma} = 0,578 \cdot \frac{780000}{400} = 10221 \text{ Н/см}$$

E – модуль упругости стали,

Тогда ширина полоски:

$$\tilde{n} = 2,16 \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 10^6} \cdot \frac{100 \cdot 353,5}{100 + 353,5}} = 4,4 \text{ мм}$$

Напряжение от смятия:

$$g_0 = 0,591 \cdot \sqrt{P_{\sigma} \cdot E \cdot \frac{D_p + D_{\sigma}}{D_p \cdot D_{\sigma}}} \quad (11)$$

$$g_0 = 0,591 \cdot \sqrt{1022 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot \frac{100 + 353,5}{100 \cdot 353,5}} = 3000 \text{ кг/см}^2 = 300 \text{ мН/см}^2$$

Допустимые контактные напряжения $[P_0] = 833 \text{ мН/см}^2$, условие выполняется $g_0 < [P_0]$.

Ширину опорного ролика принимаем с учетом ширины бандажа b_{σ} , хода печи S_1 , теплового расширения печи Δl .

Ход печи $S_1 = 80 \text{ мм}$,

Тепловое расширение:

$$\Delta l = \alpha(t_{\max} - t_{\min}) \cdot l \quad (12)$$

$\alpha = 0,12 \cdot 10^{-3}$ – коэффициент линейного расширения,

$l = 28750 \text{ мм}$ – расстояние от бандажа между контрольными роликами до самого отдаленного ролика,

$t_{\max} = 200^{\circ} \text{C}$ – максимальная температура корпуса,

$t_{\min} = 120^{\circ} \text{C}$ – минимальная температура корпуса.

$$\Delta l = 0,12 \cdot 10^{-3} (200 - 120) \cdot 28750 = 276 \text{ мм}$$

Ширина ролика:

$$b_p = b_{\sigma} + \Delta l + S = 300 + 276 + 75 = 400 \text{ мм}$$

Диаметр ролика:

$$d_p \geq 0,3 \cdot D_{\sigma} = 1020 \text{ мм}$$

Принимаем $d_p = 1000 \text{ мм}$

Давление на вкладыш опорного ролика:

$$g = \frac{A}{d \cdot l} \quad (13)$$

где A – реакция по цапфе ролика,

$$A = \frac{P + \sigma_p}{2} \quad (14)$$

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$P = 0,578 \cdot P_1$ – реакция, воспринимаемая роликом,

$$P = 0,578 \cdot 45090 = 26062 \text{ кгс},$$

$\sigma_p = 2730 \text{ кгс}$ – вес одного ролика,

$$A = \frac{26062 + 2730}{2} = 14397 \text{ кгс}$$

$d=30 \text{ см}$ – диаметр цапфы,

$l=40 \text{ см}$ – длина вкладыша, тогда давление на вкладыш:

$$g = \frac{14397}{30 \cdot 40} = 12 \text{ кгс/см}^2 = 1,2 \text{ МПа}$$

Допускаемая нагрузка на вкладыш $P_{вкл} = 5 \text{ МПа}$, условие прочности выполняется $g < P_{вкл}$.

Сечение цапфы опорного ролика:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{изг}}{0,1 \cdot [\sigma]}} \quad (15)$$

где $M_{изг} = A \cdot a = 14397 \cdot 23 = 331131 \text{ кгс} \cdot \text{см}$,

a – расстояние от оси подшипника до опасного сечения,

$$[\sigma] = 600 \text{ кгс/см}^2.$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{331131}{0,1 \cdot 600}} = 178 \text{ мм}$$

Принимаем $d=300 \text{ мм}$.

3.3 Расчет приводного вала

Диаметр выходного конца вала подвенцовой шестерни из расчета на чистое кручение по пониженному допускаемому напряжению, без учета влияния изгиба:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр} \cdot 10^3}{\pi \cdot [\tau]_к}}, \quad (16)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_{под}}{\eta_{под}}, \quad (17)$$

где $N_{под}$ – мощность на валу подвенцовой шестерни

$$N_{под} = N_{дв} \cdot \eta_{пер}, \quad (18)$$

где $N_{дв} = 250 \text{ кВт}$;

$\eta_{пер} = 0,84$ – КПД передачи;

$\eta_{под} = 5,6 \text{ мин}^{-1}$.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Тогда:

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_{нод}}{\eta_{нод}} = 9550 \cdot \frac{4900}{5,6} = 84925 \text{ Н*м}$$

$[\tau] = 25 \text{ Н/мм}^2$ – допускаемое напряжение кручения.

Тогда диаметр выходного конца:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр} \cdot 10^3}{\pi \cdot [\tau]_к}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 84925 \cdot 10^3}{\pi \cdot 25}} = 170 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр выходного конца равным диаметру выходного конца тихоходного вала редуктора $d=175 \text{ мм}$.

Расчет вала переменного сечения при изгибе с кручением производим на основании 3 теории прочности, согласно которой напряжения находятся по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2}}{W} \leq [\sigma], \quad (19)$$

где $[\sigma] = 100 \text{ Н/м}^2$ – допускаемое напряжение для стали 40Х;

$\sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2}$ – приведенный момент;

$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$ – момент сопротивления.

Рассчитываем окружную силу:

$$P_{окр} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d_w}, \quad (20)$$

где $M_{кр} = 84925 \text{ Н*м}$ – крутящий момент на валу подвенцовой шестерни;

$P_r = P_{окр} \cdot \text{tg} \alpha = 21234 \cdot 0,364 = 77281 \text{ Н}$ – радиальная сила;

$\text{tg} \alpha = 0,364$ – угол зацепления.

Реакции опор:

В плоскости XOZ:

$$R_{x1} = R_{x2} = \frac{P_{окр}}{2} \quad (21)$$

$$R_{x1} = R_{x2} = \frac{P_{окр}}{2} = 106155 \text{ Н.}$$

В плоскости YOZ:

$$R_{y1} = \frac{P_r}{2} \quad (22)$$

$$R_{y1} = \frac{P_r}{2} = 38640 \text{ Н.}$$

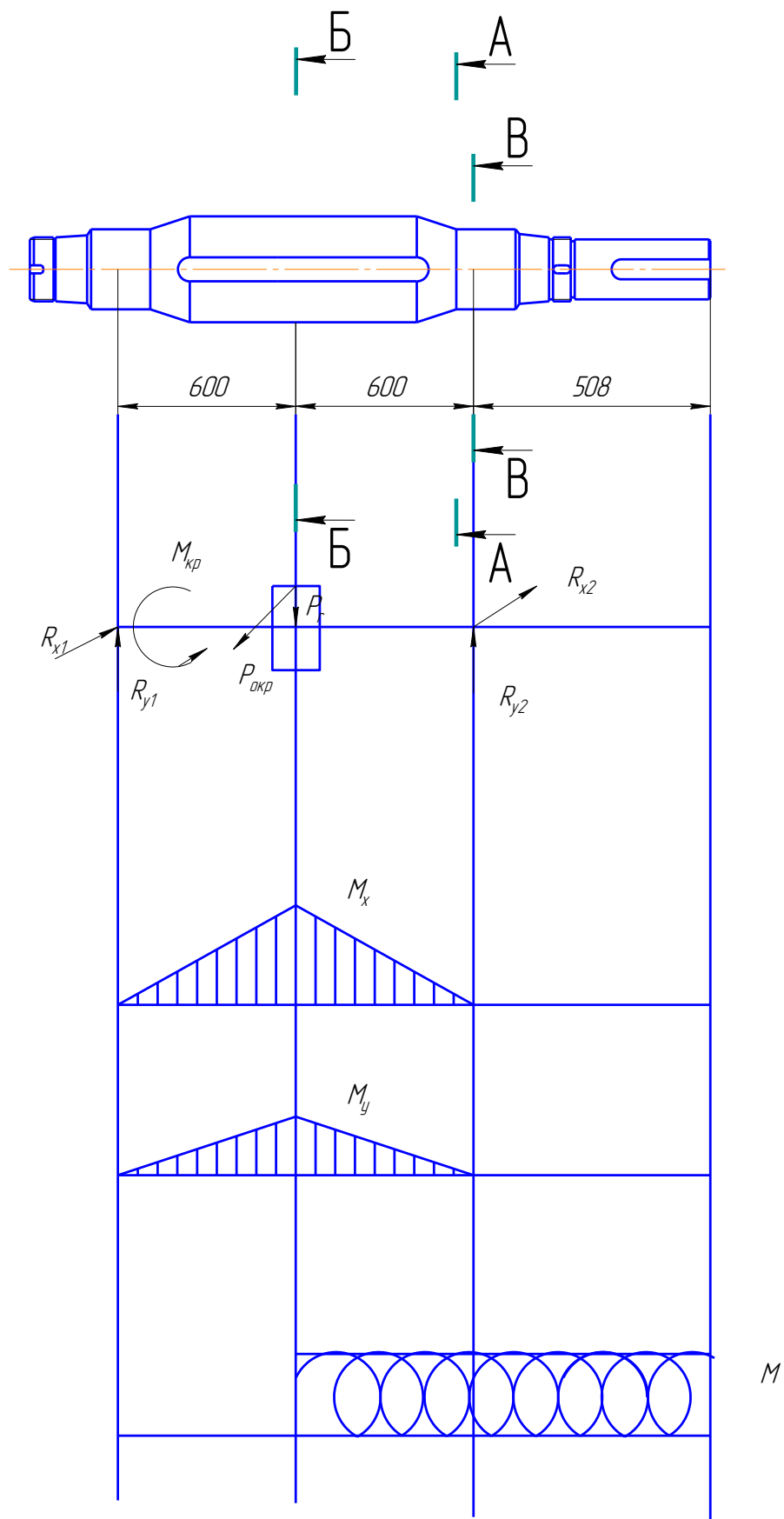


Рисунок 15– Расчетная схема вала

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Изгибающий момент в горизонтальной плоскости:

$$M' = R_{x1} \cdot 0,6 \quad (23)$$

$$M' = R_{x1} \cdot 0,6 = 106155 \cdot 0,6 = 63693 \text{ Н*м}$$

Изгибающий момент в вертикальной плоскости

$$M'' = R_{y1} \cdot 0,6 \quad (24)$$

$$M'' = R_{y1} \cdot 0,6 = 38640 \cdot 0,6 = 23184 \text{ Н*м}$$

Производим проверку прочности вала в сечениях.

Сечение А-А:

Изгибающий момент в горизонтальной плоскости:

$$M' = R_{x2} \cdot 0,206 \quad (25)$$

$$M' = R_{x2} \cdot 0,6 = 106155 \cdot 0,206 = 21231 \text{ Н*м}$$

Изгибающий момент в вертикальной плоскости

$$M'' = R_{y2} \cdot 0,206 \quad (26)$$

$$M'' = R_{y2} \cdot 0,206 = 38640 \cdot 0,206 = 7728 \text{ Н*м}$$

Приведенный момент:

$$M_3 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2} = \sqrt{21231^2 + 7728^2 + 84425^2} = 8,7 \cdot 10^7 \text{ Н*м.}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,2^3}{32} = 0,0008 \text{ м}^3.$$

Тогда напряжение:

$$\sigma = \frac{M_3}{W} = \frac{8,7 \cdot 10^7}{8 \cdot 10^{-4}} = 109 \text{ МН/см}^2.$$

Условие прочности не выполняется $\sigma > [\sigma]$.

Сечение В-В:

Изгибающий момент в горизонтальной плоскости:

$$M' = R_{x2} \cdot 0,044 \quad (27)$$

$$M' = R_{x2} \cdot 0,6 = 106155 \cdot 0,044 = 4670 \text{ Н*м}$$

Изгибающий момент в вертикальной плоскости

$$M'' = R_{y2} \cdot 0,044 \quad (28)$$

$$M'' = R_{y2} \cdot 0,044 = 38640 \cdot 0,044 = 1700 \text{ Н*м}$$

Приведенный момент:

$$M_3 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2} = \sqrt{4670^2 + 1700^2 + 84425^2} = 8,5 \cdot 10^7 \text{ Н*м.}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,18^3}{32} = 0,0006 \text{ м}^3.$$

Тогда напряжение:

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$\sigma = \frac{M_3}{W} = \frac{8,5 \cdot 10^7}{6 \cdot 10^{-4}} = 140 \text{ МН/см}^2.$$

Условие прочности не выполняется $\sigma > [\sigma]$.

Сечение Б-Б:

$$\sigma = \frac{M_3}{W} = \frac{10,7 \cdot 10^7}{20 \cdot 10^{-4}} = 50 \text{ МН/см}^2.$$

Условие прочности выполняется $\sigma < [\sigma]$.

Определяем геометрию вала:

Диаметр вала под крышки со стороны шестерни (сечение А-А)

$$W = \frac{M_3}{[\sigma]} = \frac{8,7 \cdot 10^7}{100 \cdot 10^6} = 0,087 \cdot 10^{-2} = 0,00087 \text{ м}^3.$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,00087}{\pi}} = 206 \text{ мм},$$

Принимаем $d=210$ мм.

Диаметр вала под подшипник (сечение В-В):

$$W = \frac{M_3}{[\sigma]} = \frac{8,5 \cdot 10^7}{100 \cdot 10^6} = 0,085 \cdot 10^{-2} = 0,00085 \text{ м}^3.$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,00085}{\pi}} = 205 \text{ мм},$$

Принимаем $d=206$ мм.

3.4 Расчет резьбовых соединений

Используя таблицы стандартов, находим необходимые для расчетов размеры (смотрите таблица 5).

Расчет болтового соединения для холодного конца печи.

Таблица 5 – Размеры необходимые для расчетов

Размеры болта, мм	M24
Наружный диаметр резьбы d	24
Внутренний диаметр резьбы d ₁	20,753
Средний диаметр d ₂	22,051
Шаг резьбы p	2,5
Размеры болта, мм	M24

Продолжение таблицы 5

Высота профиля h	1,949
Высота гайки Н	19
Наружный диаметр опорного торца гайки D1	35
Число витков гайки z	7,59
Угол подъема резьбы ψ	2076/

1) Расчет силы затяжки

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{1,3F_{\text{зам}}}{\left[\left(\frac{\pi}{4}\right)d_1^2\right]} \leq [\sigma] \quad (29)$$

Отсюда

$$F_{\text{зам}} = \frac{\pi d_1^2 \sigma_{\text{эк}}}{(4 \cdot 1,3)} \quad (30)$$

$$F_{\text{зам}} = \frac{\pi d_1^2 \sigma_{\text{эк}}}{(4 \cdot 1,3)} = \frac{\pi \cdot (20,753)^2 \cdot 200}{(4 \cdot 1,3)} = 52014 \text{ Н}$$

2) Момент завинчивания

$$T_{\text{зав}} = 0,5F_{\text{зав}}d_2 \left[\left(\frac{D_{\text{cp}}}{d_2} \right) f + \text{tg}(\psi + \varphi) \right] \quad (31)$$

$$T_{\text{зав}} = 0,5F_{\text{зав}}d_2 \left[\left(\frac{D_{\text{cp}}}{d_2} \right) f + \text{tg}(\psi + \varphi) \right] = 0,5 \cdot 52014 \cdot 22,051 \cdot$$

$$\cdot \left[\left(\frac{29,75}{22,051} \right) 0,15 + \text{tg}(2^\circ 76' + 9^\circ 50') \right] = 240675 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

где

$$D_{\text{cp}} = 0,5(D_1 + d_{\text{омс}}) \quad (32)$$

$$D_{\text{cp}} = 0,5(D_1 + d_{\text{омс}}) = 0,5(30 + 24,5) = 29,75 \text{ мм}$$

$$d_{\text{омс}} = d + 0,5 \quad (33)$$

$$d_{омб} = d + 0,5 = 24 + 0,5 = 24,5 \text{ мм}$$

$$f_{np} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} \quad (34)$$

$$f_{np} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173$$

$$\varphi = \arctg f_{np} \quad (35)$$

$$\varphi = \arctg f_{np} = 9^\circ 50'$$

3) Сила, приложенная к ключу

$$F_{\kappa} = \frac{T_{заб}}{l} \quad (36)$$

$$F_{\kappa} = \frac{T_{заб}}{l} = \frac{240675}{360} = 669 \text{ Н,}$$

где $l = 15d = 15 \cdot 24 = 360$ мм – длина плеча

Выигрыш в силе $\frac{F_{заб}}{F_{\kappa}} = \frac{52014}{669} = 78$ раза.

4) Напряжения в резьбе

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\pi d_2 h_z)} \leq [\sigma_{см}] \quad (37)$$

При $F = F_{зат}$

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\pi d_2 h_z)} = \frac{52014}{(\pi \cdot 22,051 \cdot 1,949 \cdot 7,59)} \approx 51 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{F}{(\pi H K K_m)}, \quad (38)$$

где $H = 0,8d_1 = 0,8 \cdot 20,753 = 19$ - высота гайки;

$K = 0,87$ – коэффициент полноты резьбы;

$K_m = 0,6$ – коэффициент неравномерности нагрузки по виткам резьбы.

$$\tau = \frac{F}{(\pi H K K_m)} = \frac{52014}{(\pi \cdot 20,753 \cdot 19 \cdot 0,87 \cdot 0,6)} = 96 \text{ МПа}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблица 6 – Результаты расчетов

Силовые параметры	Болт М24
Сила затяжки $F_{зат}$, Н	52014
Момент заворачивания $T_{зав}$, Нмм	240675
Сила на ключе F_k , Н	669
Выигрыш в силе $\frac{F_{зат}}{F}$	78
Напряжения смятия в резьбе $\sigma_{см}$, МПа	51
Напряжения среза в резьбе τ , МПа	96

Расчет стяжной шпильки.

Расчет шпильки стяжной производим аналогично расчета болтового соединения для холодного конца печи.

Используя таблицы стандартов, находим необходимые для расчетов размеры (таблицу 7).

Таблица 7 – Размеры необходимые для расчетов

Размеры шпильки, мм	М72
Наружный диаметр резьбы d	72
Внутренний диаметр резьбы d_1	62,258
Средний диаметр d_2	66,154
Шаг резьбы p	4
Высота профиля h	5,846
Высота гайки H	58
Наружный диаметр опорного торца гайки D_1	105
Число витков гайки z	22,79
Угол подъема резьбы ψ	8°30'

Результаты расчетов сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов

Силовые параметры	Шпилька М72
Сила затяжки $F_{зат}$, Н	468109
Момент заворачивания $T_{зав}$, Нмм	8087103
Сила на ключе $F_{к}$, Н	7488
Выигрыш в силе $\frac{F_{зат}}{F}$	63
Напряжения смятия в резьбе $\sigma_{см}$, МПа	17
Напряжения среза в резьбе τ , МПа	94

3.5 Расчёт автокрана

Используя таблицу, находим необходимые для расчетов размеры (смотрите таблица 9).

Таблица 9 – Размеры необходимые для расчетов

Параметры установки автокрана	Размеры, мм
Запас по высоте $h_з$	1000
Высота роликоопоры в монтируемом положении h_p	8000
Высота строповки h_c	5000
Высота полиспаста в стянутом состоянии h_n	1000
Половина толщины стрелы на уровне монтируемой детали d	300

1) Высота подъема крюка

$$H_{кр} = h_з + h_p + h_c + h_n = 1000 + 8000 + 5000 + 1000 = 15000 \text{ мм}$$

2) Расчет наклона угла стрелы

$$tga = \frac{h_c + h_n}{e + c + d} = \frac{5000 + 1000}{300 + 1000 + 1750} \approx 1.96 \approx 63^\circ$$

3) Расчет длинны стрелы

$$L_{стр} = \frac{H_{кр} - h_{ш}}{\sin a} = \frac{15000 - 2000}{\sin 63} \approx 14600 \text{ мм}$$

4) Расчет требуемой для наименьшей длинны стрелы

$$L = \sqrt{(L_{стр} + a)^2 + (H_{кр} - h_{ш})^2} = \sqrt{(14600 + 1000)^2 + (15000 - 2000)^2} \approx 20300 \text{ мм}$$

Используя таблицу, находим данные для расчета общего веса груза (таблица 10).

Таблица 10 – Размеры веса груза

Параметры груза	Вес, кг
Вес стропильной детали Q _д	22739,1
Вес строповки для монтажа стропильной детали Q _{стр}	53

Расчет общего веса груза

$$Q = Q_{д} + Q_{стр} = 22739.1 + 53 = 22792.1 \text{ кг}$$

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека со средой обитания. Является составной частью системы государственных, социальных и оборонных мероприятий, проводимых в целях защиты населения и хозяйства страны от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, средств поражения противника. Целью БЖД также является снижение риска возникновения чрезвычайной ситуации по вине человеческого фактора.

Охрана труда — система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

4.1 Требования к ОТ в цехе

Основные требования по охране труда:

1) до начала ремонта вращающейся печи и холодильного барабана необходимо иметь в наличии приказ по комбинату на остановку печи в ремонт;

2) перед началом работ оформляется акт приемки печи и холодильного барабана в ремонт, цех-заказчик выдает руководителю работ от ММС наряд-допуск на производство работ повышенной опасности, с указанием мероприятий, гарантирующих безопасное ведение ремонтных работ в действующем цехе;

3) весь персонал, участвующий в ремонте, обязан прослушать инструктаж по технике безопасности с записью в журнале, полностью ознакомлен со всеми безопасными проходами, с местами расположения питьевых точек, служебных, складских помещений, с местами расположения кислородных будок, складирования металлоконструкций, кирпича и т.д.;

4) ремонтный персонал должен быть ознакомлен с технологией ведения работ с проектом организации работ, технологическими картами и тех.записками под роспись;

5) цех-заказчик обязан отключить газ с установкой заглушек согласно схемы отключения, разобрать эл. схему приводов вращающейся печи и холодильного барабана, привода дымососа и питателей, а бирки на их включения передать руководителю работ от ММС;

6) зону ремонта оградить, вывесить предупредительные плакаты, знаки, трафареты. На пусковой аппаратуре приводов печи, холодильного барабана, ротора дымососа, питателей должны быть вывешены трафареты «Не включать – работают люди!»;

7) находиться посторонним лицам в зоне ремонта запрещается;

8) все грузоподъемные механизмы и оборудования должны быть отревизированы до начала ремонта и сданы по акту соответствующим лицам;

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

9) рабочие, специалисты и руководители без соответствующей спецодежды, спецобуви, индивидуальных и защитных средств, без удостоверений на право производства работ к работе не допускаются;

10) освещение внутри печи, холодильном барабане, газоходах не должно превышать 12 вольт и должно соответствовать нормам освещенности рабочих мест, расстояние между лампочками переносного освещения 2 метра;

11) наружное освещение осуществляется прожекторами и светильниками. Освещаются проходы, места складирования металлоконструкций, места производства работ, кислородная будка;

12) места сращивания эл. проводов, эл. кабелей, сварочных кабелей должны быть заизолированы. Оголенные провода и кабеля, кроме сварочных стационарных троллей не допускаются;

13) электрооборудование должно быть заземлено согласно нормам и правил;

14) перед началом работ мастер и бригадир должны осмотреть рабочее место, проверить его и убедиться в безопасных условиях выполнения порученной работы;

15) соблюдать чистоту и порядок на рабочем месте, не загромождать проходы и рабочее место, не перегружать леса, площадки м/конструкциями, металлоломом;

16) перед началом работ и при переводе на новое место работы мастер производит инструктаж рабочих по технике безопасности с записью в книге заданий и журнале инструктажа, а рабочие должны точно выполнять указания мастера;

17) при работе на высоте обеспечить безопасность работающих внизу, т.е. внизу работать за границей опасной зоны при необходимости выставить сигнальщиков, чтобы исключить заход людей в опасную зону. При одновременной работе на различных высотах с лесов и площадок должна быть предусмотрена защита персонала, работающего на нижних ярусах, от брызг металла, случайного падения отрезаемых деталей за счет уплотнения зазоров и щелей листовым асбестом или металлическим листом;

18) пересыпной колодец надежно перекрыть щитом согласно черт. СК-2-41;

19) рабочие на высоте должны работать с закрепленными предохранительными поясами, крепление их согласно т.к. №294, 41;

20) при работе на высоте проявить особую осторожность в целом и в обращении с материалами, инструментом, не допуская падения их;

21) работать и находиться в печи, х/барабане, газоходах, закрытых камерах должна бригада, состоящая не менее 3х человек;

22) приставные лестницы должны быть закреплены согласно т.к. №40;

23) все работы за пределами ремонтной зоны производить по индивидуальному наряду-допуску;

24) поворот печи, холодильного барабана должен производиться под руководством начальника смены цеха-заказчика по (заявке) указанию и под руководством старшего смены от ММС для чего необходимо: перед поворотом печи или холодильного барабана удалить людей изнутри и снаружи их, удалить из пересыпного

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

колодца , газохода (борова); вывести людей из опасной зоны, крышки люков закрепить, снаружи и внутри корпуса убрать незакрепленные приспособления , м/конструкции и т.д., освободить пилоны, эстакады и т.п., убрать приставные лестницы, леса и т.п. Затем выставить сигнальщиков в местах прохода людей по указанию старшего смены от ММС. Затем производится поворот печи или холодильного барабана на определенный угол поворота по согласованию со старшим смены от ММС. При необходимости, после поворота, по команде старшего смены от ММС производится фиксация корпуса печи или холодильного барабана при помощи деревянных клиньев, установленных между роликами и бандажом с обеих сторон опоры (обычно фиксация 2-х опор).

Затем после осмотра старшим по смене от ММС состояния печи или холодильного барабана, состояния закрепленных люков, приспособлений, металлоконструкций производится отключение привода печи или холодильного барабана согласно пункта №5 и производится допуск людей в зону ремонта для производства дальнейших работ, после снятия сигнальщиков;

25) старшим по смене во время выкрутки боя кирпича считать мастера огнеупорных работ, после выкрутки во время производства монтажных работ старшим по смене считать мастера монтажных работ, после сдачи печи под футеровку старшим по смене считать мастера огнеупорных работ;

26) наряд-допуск и бирки на включение агрегатов должны находиться у старшего смены от ММС;

27) начальник смены цеха-заказчика и старший смены от ММС несут ответственность за подготовку к повороту, поворот печи и холодильного барабана, фиксацию их и отключение;

4.1.1 Требования безопасности при работе в газоопасных местах

При работе в районе горячей головки и откатной головки необходимо соблюдать следующее:

а) при работе в районе газопровода, необходимо брать разовый наряд-допуск на производство работ в газоопасных местах и провести дополнительный инструктаж по ТБ;

б) техперсонал должен установить связь с газоспасательной службой, требовать при необходимости круглосуточного дежурства газоспасателя и взятие анализа воздуха перед началом работ и во время работы через определенный промежуток времени.

4.1.2 Пожаро и взрывобезопасность

Правила необходимые соблюдать при пожаре:

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

1) не допускается курение, открытый огонь и другая возможность его возникновения в районе газопровода, в районе кислородной будки и места укладки кислородных баллонов;

2) соблюдать особую осторожность при ведении огневых и сварочных работ в районе приводов вр. печи и холодильного барабана, при работе пользоваться защитными экранами, иметь в наличии средства пожаротушения, песок;

3) при замерзании редуктора кислородного баллона разогрев его разрешается только тряпками, смоченными в горячей воде или паром;

4) не допускается попадание масла, жиров, др. загрязнений на штуцера, вентиля кислородных баллонов, накидную гайку кислородного редуктора и др. детали кислородопроводов, резаков, шлангов, для чего работать в чистой не промасленной спецодежде, рукавицах и места прохождения шлангов, хранения и установки баллонов, резаков должны быть очищены от масла;

5) кислородные баллоны хранить в кислородной будке полные и пустые в отдельных отсеках;

6) кислородные баллоны в кислородной будке должны стоять в вертикальном положении и должны быть закреплены от падения;

7) в зоне ремонта кислородные баллоны укладываются на специальных деревянных стеллажах;

8) запрещается установка вентиля из титана и его сплавов на кислородопроводах, рампах, баллонах;

9) сварку и резку металла производить только в местах, очищенных от пыли, грязи, масла;

10) при резке металла вблизи кислородопроводов, эл.кабелей, газопроводов и т.д. обеспечить расстояние до них не менее 1 м, в противном случае защитить их теплоизоляционным материалом (асбест, листовое железо);

11) обслуживающий персонал должен знать и точно выполнять инструкцию по ТБ.

БТИ 0.29-2001 при эксплуатации кислородных баллонов; способы и средства пожаротушения, места их расположения;

12) при горении масла, токоведущих проводов заливать пламя водой категорически запрещается.

4.2 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на предприятии) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ. Основными условиями для улучшения экологии в стране являются: рациональное использование, охрана и трата запасов природного резерва, обеспечение безопасности экологии и противорадиационные меры, повышение и формирование экологического мышления у населения, а также контроль над экологией в промышленности. Охрана окружающей среды на предприятии определила ряд мероприятий для снижения уровня загрязнений, вырабатываемого предприятиями:

- Выявление, оценка, постоянный контроль и ограничение выброса вредных элементов в атмосферу, а также создание технологий и техники, охраняющих и сберегающих природу и ее ресурсы.

- Разработка правовых законов, направленных на охранные меры окружающей среды и материальное стимулирование выполненных требований и профилактики комплекса природоохранных мероприятий.

- Профилактика экологической обстановки путем выделения специально ответственных территорий (зон).

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Баланс рабочего времени

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели	Непрерывный 1см*8 час	
	дни	часы
Календарное время	365	2920
Праздничные и выходные дни	117	936
Номинальный фонд рабочего времени	248	1984
Невыходы на работу – всего:	38	304
В т.ч. отпуск	28	
Болезни	7	
Прочие невыходы	3	
Эффективный фонд рабочего времени, дни	207	1680
Эффективное время, %	58%	

5.2 График выходов

Таблица 12 – График выходов на работу за июнь

Календарные дни	1	2	3	4	5	6	7	9
Бригада 1	8	8	8	В	В	В	8	8

5.3 Расчетная часть

5.3.1 Штатное расписание, расчет численности рабочих

Таблица 13 – Штатное расписание, расчет численности рабочих

Наименование профессии	Разряд	Явочная составления чел.	Списочный коэффициент	Списочная численность, чел.
Электрогазосварщик	6	1	1,17	1
Машинист крана	6	1	1,17	1
Слесарь-ремонтник	6	1	1,17	1
Слесарь-ремонтник	3	1	1,17	1
Электромонтеры	6	1	1,17	1
Итого:		5		

$$\text{Няв} = \text{А} * \text{Чп} * \text{псм}, \quad (39)$$

где псм – число ремонтируемого агрегата, шт;

$$\text{Няв1} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Няв2} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Няв3} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Няв4} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Няв5} = 1 * 1 * 1 = 1 \text{ чел}$$

Расчет списочный численности:

$$\text{Нсп} = \text{Няв} * \text{Ксп}, \quad (40)$$

$$\text{Ксп} = \text{Траб} / (\text{365} - \text{Тпр} - \text{Твых} - \text{Топ.п}) * 0,96, \quad (41)$$

$$\text{Ксп} = 248 / (365 - 117 - 28) * 0,96 = 1,17$$

$$\text{Нсп1} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел.}$$

$$\text{Нсп2} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Нсп3} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Нсп4} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{Нсп5} = 1 * 1,17 = 1 \text{ чел}$$

Число дней для замены будет составлять 5 дней

5.3.2 Расчет фонда заработной платы, начислений на заработную плату

Таблица 14 – Тарифные ставки

Наименование профессий	Разряд	Часовая тарифная ставка руб./ч
Слесарь-ремонтник	6	47,76
	3	34,35
Электрогазосварщик	6	47,76
Электромонтёры	6	45,29
Машинист крана	6	44,35

Фонд рабочего времени:

$$\text{ФРВ} = \text{Тр} * \text{псм} * \text{Тсм} * \text{Ня}, \quad (42)$$

где Тр – число дней ремонта, сут;

Тсм – количество часов в смену, ч/см;

Ня – численность работающих, чел.

$$\text{ФРВ} = 5 * 1 * 8 * 1 = 40 \text{ чел*час}$$

Расчет повременно-премиальной з/платы:

$$\text{Зпов.пр.} = \text{ФРВ} * \text{Тст} * \text{П}, (\text{П} = 50\% \text{ или } 1,5) \quad (43)$$

где ФРВ – фонд рабочего времени каждого работника, руб.;

Тст – тарифная ставка, руб./ч.

$$\text{Зпов.пр.1} = 40 * 37,76 * 1,5 = 2 \text{ 820 руб.}$$

$$\text{Зпов.пр.2} = 40 * 34,35 * 1,5 = 2 \text{ 661 руб.}$$

$$\text{Зпов.пр.3} = 40 * 37,76 * 1,5 = 2 \text{ 820 руб.}$$

$$\text{Зпов.пр.4}=40*25,29*1,5=2\ 717\text{руб.}$$

$$\text{Зпов.пр.5}=40*37,76*1,5=2\ 661\text{руб.}$$

З/плата с районным коэффициентом:

$$\text{ЗПрк} = \text{ОЗП} * \text{Рк}, (\text{Сатка} - 1,15; \text{Бакал} - 1,20) \quad (44)$$

где ОЗП – основная з/ плата, руб.;

Рк – районный коэффициент.

$$\text{ЗПрк1}=3\ 186\text{руб.}$$

$$\text{ЗПрк2}=3\ 007\text{руб.}$$

$$\text{ЗПрк3}=3\ 186\text{руб.}$$

$$\text{ЗПрк4}=3\ 070\text{руб.}$$

$$\text{ЗПрк5}=3\ 007\text{руб.}$$

Расчет дополнительной з/платы (1,1):

$$\text{ДЗП} = \text{ОЗПрк} * 0,1, \quad (45)$$

$$\text{ДЗП1}=3\ 505\text{руб.}$$

$$\text{ДЗП2}=3\ 308\text{руб.}$$

$$\text{ДЗП3}=3\ 505\text{руб.}$$

$$\text{ДЗП4}=3\ 377\text{руб.}$$

$$\text{ДЗП5}=3\ 308\text{руб.}$$

Фонд з/платы:

$$\text{ФЗП} = \text{ОЗПрк} + \text{ДЗП}, \quad (46)$$

$$\text{ФЗП1}=6\ 691\text{руб.}$$

$$\text{ФЗП2}=6\ 315\text{руб.}$$

$$\text{ФЗП3}=6\ 691\text{руб.}$$

$$\text{ФЗП4}=6\ 447\text{руб.}$$

$$\text{ФЗП5}=6\ 315\text{руб.}$$

$$\Sigma=32\ 459\text{руб.}$$

Страховые взносы во внебюджетный фонд берутся в размере 30 % от общего ФЗП:

Сумма начислений на заработную плату:

$$\text{НЗП} = (\text{ОЗП} + \text{ДЗП}) * 0,3 \quad (47)$$

$$\text{НЗП}=32\ 459*0,3=9\ 738\text{руб}$$

5.3.3 Расчет затрат на материалы.

Таблица 15 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Используемое количество для мероприятия	Цена за единицу в руб.	Сумма в руб.
Электроды	Пачки	2	2200	4400
Кислород	Баллон	1	9800	9800
Смазочный материал	Литры	10	320	3200

Продолжение таблицы 15

Конструкция опорного ролика с подшипником качения	Штуки	1	1050000	1050000
Итого				1067400

5.3.4 Расчет затрат на электроэнергию.

$$Cэ = a*N + b* W, \quad (48)$$

где а – плата за 1 кВт установленной мощности (220 руб\кВт);

N – установленная мощность, кВт;

b – плата за 1 кВт*час (4,48 руб\кВт);

W – потребленная активная энергия.

$$W = Tр * nсм * tсм * K исп., \quad (49)$$

где Tр – число рабочих дней в году, сут.;

Kисп. – коэффициент использования (0,85).

Таблица 16 – Расчет расхода электроэнергии

Наименование оборудования	Кол.	Номинальная мощность оборудования, кВт	Суммарная мощность оборудования, кВт,N	Баланс рабочего времени (Т), маш/час	Расход эл. Энергии, кВт/час, W
Сварочный аппарат	1	5	15	38	15*38
Кран Libherr	1	10			
Итого			15	38	570

Баланс рабочего времени:

$$T = Tр*nсм*Tсм*Kэкс, \quad (50)$$

где Tр – число рабочих дней (число дней монтажа или ремонта);

nсм- число смен в сутках= 1 смене;

Tсм – время смены = 8 часов;

Kэкс – коэффициент экстенсивного использования оборудования (для всех = 0,95).

$$T=5*1*8*0,95=38$$

$$Cэ=a*N + b* W, \quad (51)$$

$$C_э = 220 * 15 + 4,48 * 570 = 3300 + 2554 = 5\ 854 \text{ руб.}$$

5.3.5 Расчет затрат на амортизацию

$$A = \frac{C * Na}{100} \quad (52)$$

где С – общая стоимость основных фондов, млн. руб;

На – норма амортизации, % .

Таблица 17 – Расчет затрат на амортизацию

Наименование основных средств	Кол	Стоимость единицы	Стоимость на количество ОФ	Норма амортизации На, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Сварочный аппарат	1	50 000	50 000	6,1	3 050
Кран Libherr	1	2 600 000	2 600 000	6,1	158 600
Итого					161 650

Амортизация за 5 дней замены:

$$A = 161\ 650 / 365 * 5 = 2\ 214 \text{ руб.}$$

5.3.6 Прочие затраты

Охрана труда

$$\begin{aligned} \text{ОТ} &= \text{ФЗП}_{\text{раб.}} * 5\%, \\ \text{ОТ} &= 32\ 459 * 0,05 = 1\ 623 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (53)$$

Затраты на содержания оборудования:

$$\begin{aligned} \text{Зсод.об.} &= \sum A * 60\%, \\ \text{Зсод.об.} &= 2\ 214 * 0,6 = 1\ 328 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (54)$$

5.3.7 Расчет фонда заработной платы АУП

Расчет заработной платы АУП показан в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет заработной платы АУП

Должность	Оклад в мес. руб.	Кол-во чел.	Оклад на меропр. руб.	ОЗПрк руб.	ДЗП(10%)	ФЗП
Нач. цеха	25000	1	3571	2 182	2500	8253

Продолжение таблицы 18

Мастер	22000	1	2857	2 182	2200	7239
Механик	23000	1	3095	2 182	2300	7577
Итого:						23069

ФЗП с нач. = 23 069*1,3= 29 990руб

5.3.8 Составление сводной сметы затрат на производство

Сводная ведомость сметы затрат на замену опорного ролика в таблице 19.

Таблица 19 – Составление сводной сметы затрат на замену опорного ролика

Наименование статей затрат	Сумма затрат всего (руб.)
ФЗП рабочих	32 459
Страховые взносы во внебюджетный фонд	9 738
З/плата АУП с начис.	29 990
Эл.энергия	5 854
Амортизация	2 214
Материалы	1 067 400
Охрана труда	1 623
Затраты на содер. обор	1 328
Всего:	1 150 606

Вывод: затраты на замену конструкцию опорного ролика составляет 1 150 606 руб. – это рентабельный способ, так как конструкция нового опорного ролика с подшипниками качения служит на много дольше, чем конструкция опорного ролика с подшипником скольжения. Которая приводила к частой остановки печи (простоям) и затратам на ремонт (восстановление) подшипника скольжения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель, поставленная в выпускной квалификационной работе выполнена полностью.

В заключении я хотел бы подвести итоги по выпускной квалифицированной работе на тему: Разработка конструкции роликовой опоры ЦОМП «ООО Группа Магнезит». В работе мы узнали конструкцию и принцип работы вращающейся печи, а также модернизировали конструкцию роликовой опоры, меры безопасности, какие грузоподъемные механизмы задействованы, в экономическом разделе мы рассчитали все затраты на материалы и на зарплату рабочим.

В выпускной квалификационной работе рассмотрена возможность использования крана Libherr, который имеет хорошую грузоподъемность, маневренность, может иметь разные углы установки. Это позволяет минимизировать производственные процессы, использовать один кран вместо двух старых кранов козловой конструкции.

Выпускная квалификационная работа имеет практическую значимость приведенные расчеты позволяют произвести разработку конструкции роликовой опоры вращающейся печи.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Матвеев, В.В. Примеры расчета такелажной оснастки: справочник / В. В. Матвеев – М. Металлургия, 2004. – 144 с.
- 2 Лисиенко, В.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: справочник книга 1 / В.Г. Лисиенко; Я.М. Щелоков; М.Г.Ладыгичев – М. Металлургия, 2004 – 688 с.
- 3 Лисиенко, В.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: справочник книга 2 / В.Г. Лисиенко; Я.М. Щелоков; М.Г.Ладыгичев – М. Металлургия, 2004 – 592 с.
- 4 Севостьянов, В.С. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий / В.С.Севостьянов; В.С. Богданов. – М.: Металлургия, 2005. - 431 с.
- 5 Волков, О.И. Экономика предприятия: методическое пособие / О.И. Волков; В.К.Скляренко.– М.: ИНФРА, 2009. – 280 с.
- 6 СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве».
- 7 СНиП 3.05.05-84 «Технологическое оборудование и технические трубопроводы».
- 8 Давыдов, С.Я. Вращающиеся печи предприятий строительных материалов: справочник / С.Я. Давыдов; В.А. Пьячев – Екатеринбург: Металлургия, 2006. - 351 с.

					15.03.02.2021.01564.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60