



## СОДЕРЖАНИЕ

1	НОМЕНКЛАТУРА ПРОИЗВОДИМОЙ ПРОДУКЦИИ.....	7
2	ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ .....	8
	2.1 Доломит .....	8
	2.2 Хлорид натрия.....	10
	2.3 Вода .....	16
3	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	21
	3.1 Режим работы предприятия .....	21
	3.2 Материальный баланс .....	21
	3.3 Описание технологической линии .....	22
4	АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ .....	25
	4.1 Характер района размещения предприятия .....	25
	4.2 Генеральный план и транспорт .....	26
5	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	27
	5.1 Описание технологического процесса.....	27
	5.2 Пооперационный график работы машин технологической линии.....	28
	5.3 Расчет уровней механизации и автоматизации.....	29
6	ОБОРУДОВАНИЕ .....	32
	6.1 Шаровые мельницы .....	32
	6.1.1. Шаровая диафрагмовая мельница.....	36
	6.1.2. Цилиндрические, трубчатые и конические шаровые мельницы.....	37
	6.1.3. Центробежно-шаровые мельницы.....	39
	6.2 Шнековый питатель.....	41
	6.3 Грануляторы .....	42
	6.4 Вращающаяся печь .....	44
	6.5 Колосниковый холодильник .....	45
	6.6 Затариватель .....	48
7	АВТОМАТИЗАЦИЯ.....	50
	7.1 Автоматизация контроля давления газа в горелке .....	50

					АСи – 461.08.03.01.2020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

7.2	Описание функциональной схемы .....	50
8	ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	53
8.1	Расчет горения газа .....	53
8.2	Материальный баланс вращающейся печи при работе на природном газе .....	56
8.3	Тепловой баланс печи при работе на природном газе .....	62
9	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ .....	65
10	ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ .....	68
10.1	Санитарно-гигиенические особенности производства .....	68
10.2	Опасные и вредные производственные факторы .....	69
10.3	Метеорологические условия производственной среды .....	70
10.4	Вредные вещества.....	73
10.5	Производственное освещение .....	74
10.6	Шум и вибрация.....	74
10.7	Электробезопасность.....	76
10.8	Пожарная безопасность.....	77
10.9	Правила техники безопасности при работе с грузоподъемными машинами.....	78
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	80

## 1 НОМЕНКЛАТУРА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

Магнезиальными вяжущими называют порошкообразные материалы, в состав которых входит оксид магния. К ним относят каустический магнезит и каустический доломит. Каустический магнезит получают из природного магнезита, каустический доломит из природного доломита.

Магнезиальные вяжущие способны образовать прочный искусственный камень и имеют определенные преимущества перед портландцементом, главным из которых являются незначительная усадка при твердении, высокая твердость, износостойкость и ударная прочность затвердевшего магнезиального камня, высокие адгезионные свойства, что позволяет укладывать бетоны практически на любую поверхность и работать с любыми наполнителями, термостойкость и негорючесть.

При производстве магнезиального вяжущего, можно использовать отходы производства огнеупоров. И еще одним преимуществом можно считать то, что, температура обжига магнезиального вяжущего значительно ниже, чем у портландцемента, соответственно для его производства требуется меньше топлива.

В данной работе производится поэтапное проектирование цеха по производству магнезиальных вяжущих с производительностью 42 720 т в год.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ

### 2.1 Доломит

В честь французского минералога и химика конца 18 века Доломье был назван минерал и горная порода. Для наружных и внутренних отделочных работ доломит идеальный отделочный материал. Он имеет, как правило, белый или серый цвет, однако, встречаются и другие оттенки - желтоватые, красноватые и так далее.

#### **Природные свойства доломита**

Доломит - минерал породообразующий. Он принадлежит к классу карбонатов, являясь огнеупорным и очень стойким. Он наделен великолепными природными свойствами натурального камня. Среди них особо стоит отметить:

- высокую прочность;
- приятный рисунок, которые дает возможность создавать необычные композиции.

Цвет доломита идеально сочетается почти со всеми материалами, как природными, так и искусственными. Как природный камень, доломит по своим физическим характеристикам наделен:

- долговечностью;
- морозостойкостью;
- высокой прочностью.

Основными для доломитов считаются четыре цвета, но в природе встречается, как правило, белый, коричневый, желтоватый. Изредка в естественном виде можно увидеть ценные розовые доломиты, а также полупрозрачные и прозрачные.

#### **Сферы применения доломита**

Доломит в чистом виде - идеальное сырье, которое служит для добычи металлического магния. В наши дни он нашел свое широкое применение в производстве легких сплавов. Доломиты также служат источником солей магния. Они незаменимы в современной медицине. В качестве бутового камня, а также

					АСи – 461.08.03.01.2020	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

щебня для бетона доломит находит свое применение и при изготовлении тугоплавкой глазури, белой магнезии. Активно используется в последнее время доломит в строительной промышленности. Его применяют в качестве декоративно-облицовочного материала, а также для изготовления особых марок цемента. Для футеровки в качестве огнеупора в металлургических печах используется обожженный доломит. Он составляет часть шихты при производстве стекол повышенной прочности и стойкости.

Доломит и доломитизированные известняки часто применяются в качестве флюсов при доменной плавке. Они необходимы и в сельском хозяйстве. Доломитовую муку используют в качестве добавок, которые легко нейтрализуют кислые почвы. Такое удобрение делает почвы более рыхлыми. Кроме того, при добавлении доломитовой муки:

- существенно продлевается жизнедеятельность микроорганизмов, полезных для выращиваемых культур,
- значительно повышается эффективность прочих вносимых в почву удобрений.

### **Применение доломита в строительстве**

Молотый доломит - идеальный вариант для российского рынка сухих строительных смесей. Зерна этого материала, в отличие от кварцевого песка, активно применяемого на большинстве российских предприятий, имеют кубовидную форму. Она обеспечивает повышенную адгезию. Такой наполнитель, как доказала практика, в сравнении с кварцевым песком, имеет самые наилучшие технологические показатели.

Содержащие известковый наполнитель сухие смеси, исходя из существующих европейских мерок, признаны самыми лучшими. Они относятся к смесям самого высокого класса. Нередко можно встретить доломитовый наполнитель в составе:

- герметиков;
- мастик;

- резинотехнических изделий;
- линолеума;
- лакокрасочной продукции и так далее.

Доломит классифицируются по своей структуре, согласно которой выделяются материалы:

- мраморовидные;
- пористые;
- плотные.

Плотные доломиты в строительной промышленности идут на изготовление облицовочных плит, которые, как правило, используются для наружной облицовки строений. К данному типу материалов относятся знаменитые доломиты мячковские, ковровские и коробчеевские. Они активно применялись русскими зодчими при строительстве чудесных белокаменных архитектурных памятников.

#### **Доломитовые месторождения**

Россия не слишком богата на месторождения доломита. Основные из них расположены на Урале, Кавказе, в Поволжье. Они поставляют природный камень для многих отраслей народного хозяйства. Основу состава российских доломитов составляют кальцит и примеси.

Представлено огромное количество разновидностей доломитов. К этому разряду относятся породы, в которых содержится множество отживших вкраплений моллюсков. Ярким примером может служить известковый ракушечник. Данный тип доломита известняковой породы прочен и однороден. К тому же типу относятся травертин и известковый пористый туф.

Плотность доломита, как и у прочих осадочных пород, зависит от глубины залегания его слоя. Чем глубже расположен доломитовый слой, тем прочнее оказывается добытый камень. Доломиты обладают шикарной цветовой палитрой. Самое удивительное состоит в том, что даже камни, добытые из одного

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

месторождения, бывают совершенно разного оттенка. Специалисты утверждают, что эти удивительные породы могут быть совершенно любого цвета, даже черного.

### **Применение доломита в России**

Доломит - прочный камень, но он легко поддается обработке. Это делает его идеальным строительным материалом и сырьем для производства архитектурных деталей малых форм, в том числе - садовых. Данный вид природного камня в наших климатических условиях применяют уже много веков. Доломитовые постройки прошлых веков продолжают радовать нас своей архитектурной красотой и лишний раз подтверждают морозоустойчивость и прочность материала.

Являясь дальними родственниками мрамору, доломитовые известняки с давних пор служат незаменимым материалом для создания скульптур. Доломиты в Древней Руси часто применялись для строительства храмовых, бытовых и хозяйственных сооружений. Большинство из них входят в разряд архитектурных шедевров.

Часто крепкие породы доломита в строительной промышленности используются для мощения дорожек, изготовления ступеней, разнообразных плоских фрагментов для сада. Пригодность этого удивительного материала, благодаря его прочности, для возведения рокариев и подпорных стенок является огромным плюсом доломита. Полировке подвергают более твердые сорта, что расширяет сферу применения? так же применяется в отделке и облицовке фасадов.

Очень популярными стали в последнее время сочетания доломита с садовыми растениями, но при создании композиций требуется особая внимательность.

- эрика, верески и багульник;

Несомнен тот факт, что большинство растений превосходно себя чувствует рядом с доломитами, однако, не рекомендуется включать в композиции доломиты, если вы высаживаете растения, предпочитающие кислые субстраты, такие как:

- гортензия и рододендрон;

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



- черника, клюква, брусника;

- водянка и пр;

### **Экологические свойства доломита**

Доломитовая облицовочная плитка - абсолютно натуральный материал, который имеет фильтрующие свойства. Доломит оказывает благоприятное воздействие на микроклимат в помещениях. Если в жару увлажнить водой отделанную доломитом стену, в помещении сохранится оптимальный по влажности микроклимат. В холодное же время года этот природный отделочный материал удержит тепло, гораздо надежнее, нежели стекло или бетон. Благодаря органическому происхождению и содержанию в породе морских микроорганизмов, отделанное этим материалом помещение можно смело называть экологически чистым жилищем [1].

### 2.2 Хлорид натрия

Хлорид натрия составляет основу поваренной соли, самой популярной приправы к пище. Кроме этого, натриевая соль соляной кислоты миллионами тонн потребляется промышленностью для различных целей.

#### **Свойства хлорида натрия**

Хлорид натрия представляет собой кристаллы с кубической ионной решеткой. Кристаллы без цвета и запаха, с четко выраженным соленым вкусом. Хлористый натрий водорастворим, не гигроскопичен. Растворяется в аммиаке, этиловом и метиловом спирте, муравьиной кислоте, глицерине, этиленгликоле. Не растворяется в ацетоне, соляной кислоте, диэтиловом эфире.

Водный раствор хлорида натрия замерзает при температуре ниже нуля. Благодаря этому свойству химреактив довольно долго использовался в качестве антигололедного средства на дорогах и тротуарах (сейчас этот способ считается экологически вредным и применяется все реже). На этом же свойстве основано

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ

применение смеси мелко наколотого льда и поваренной соли в качестве эффективного и простого охладителя, способного понизить температуру смеси на пару десятков градусов.

### **Хлорид натрия в природе и жизни человека**

NaCl очень важен для человека: он необходим нам для усвоения питательных веществ в процессе пищеварения; наша кровь в немалой степени состоит из солевого раствора; хлорид натрия входит в число важнейших источников минерального сырья для химической промышленности.

В природе хлористый натрий встречается в морской воде, соленых озерах, в соляных подземных водах, в ископаемом виде (галит, каменная соль). Галит это минеральная форма NaCl. Иногда галит называют каменной солью, но это неверно. Каменная соль это осадочная порода, содержащая 90% галита и примеси железа, гипса, магнезита, талька, битумов, соединений калия, кальция, магния, йода, брома, бора. Каждое месторождение каменной соли имеет свой уникальный состав.

Морская соль, получаемая выпариванием морской воды, содержит больше жизненно важных для человека примесей химических элементов, минералов и солей, чем каменная соль. В ней только 77,8% хлористого натрия. Она имеет горьковатый вкус, используется, преимущественно, в медицине и кулинарии.

### **Применение NaCl**

Химреактив применяется для производства более полутора тысяч веществ и материалов, начиная от металлического натрия и хлора и кончая содой, соляной кислотой, гидроксидом натрия, гербицидами для сельского хозяйства.

Поваренная соль готовый продукт, на 97 и более процентов состоящий из NaCl, используется в пищевой промышленности. Чем выше содержание хлорида натрия, тем выше сорт соли. Выпускаются также специализированные сорта с добавками микроэлементов, например, йодированная соль. Пищевая соль применяется как приправа в пищу, в качестве консерванта.

						08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			13

В промышленной и полупромышленной водоподготовке для регенерации ионообменных смол в натрий-катионитовых фильтрах.

Растворы хлорида натрия востребованы в медицине для приготовления и разведения лекарственных средств, для восстановления водно-солевого баланса организма, при кровотечениях, в качестве антидота при отравлении нитратом серебра, как антибактериальное средство для обработки ран, для некоторых других целей.

По химическим показателям хлористый натрий должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1. Химические показания

Наименование показателя	Норма для марки		
	Химически чистый (х.ч.) ОКП 26 2112 1223 02	Чистый для анализа (ч.д.а) ОКП 26 2112 1222 03	Чистый (ч.) ОКП 26 2112 1221 04
Массовая доля хлористого натрия (NaCl) <u>в прокаленном препарате, %, не менее</u>	99,9	99,9	99,8
Массовая доля нерастворимых в воде веществ, %, не более	0,003	0,005	0,010
Массовая доля потерь при прокальвании, %, не более	0,5	0,5	1,0
Массовая доля общего азота, %, не более	0,0005	0,0010	0,0010
Массовая доля йодидов (I), %, не более	0,001	0,001	Не нормируется
Массовая доля бромидов (Br), %, не более	0,005	Не нормируется	Не нормируется

Массовая доля сульфата (SO <sub>4</sub> ), %, не более	0,001	0,002	0,010
Массовая доля фосфатов (PO <sub>4</sub> ), %, не более	0,0005	Не нормируется	Не нормируется
Массовая доля бария (Ba), %, не более	0,001	0,003	0,010

Окончание таблицы 1

Наименование показателя	Норма для марки		
	Химически чистый (х.ч.) ОКП 26 2112 1223 02	Химически чистый (х.ч.) ОКП 26 2112 1223 02	Химически чистый (х.ч.) ОКП 26 2112 1223 02
Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0001	0,0002	0,0010
Массовая доля магния (Mg), %, не более	0,0005	0,0010	0,0050
Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,00002	0,00005	0,00010
Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,0002	0,0005	0,0010
Массовая доля калия (K), %, не более	0,005	0,010	0,020
Массовая доля кальция (Ca), %, не более	0,002	0,002	0,010
рН раствора препарата с массовой долей 5 %	5-8	5-8	Не нормируется

### 2.3 Вода

Вода для бетонов и строительных растворов должна соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Вода не должна содержать химических соединений и примесей в количествах, которые могут повлиять на сроки схватывания цемента, скорость твердения, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона, коррозию арматуры в пределах, превышающих нормы.

Для приготовления бетонных и растворных смесей, ухода за бетоном и промывки заполнителей не допускается применение сточной, болотной и торфяной воды.

Общее содержание в воде ионов натрия  $Na^+$  и калия  $K^+$  в составе растворимых солей не должно превышать 1500 мг/л.

Вода, соответствующая требованиям, приведенным в таблице 2, содержание нитратов, сульфидов, сахаров, фосфатов, свинца и цинка в которой не превышает значений, приведенных в таблице, признается пригодной, если по сравнению с результатами испытаний, проведенных на питьевой воде, сроки схватывания цемента изменяются не более чем на 25%, прочность бетона через 7 и 28 дней нормально-влажностного твердения, а также морозостойкость и водонепроницаемость бетона не снижается, а арматурная сталь в бетоне находится в устойчивом пассивном состоянии.

Таблица 2. Содержание нитратов, сульфидов, сахаров, фосфатов, свинца и цинка

Наименование примеси	Максимальное содержание мг/л	Метод испытания
Сахар	100	По 6,5
Фосфаты в расчете на $P_2O_5$	100	По 6,4
Нитраты в расчете на $NO_3^-$	100	По 6,4
Сульфиды в расчете $S^{2-}$	100	По 6,5
Свинец в расчете на $Pb^{2+}$	100	По 6,4
Цинк в расчете на $Zn^{2+}$	100	По 6,4

Допускается к применению вода при наличии на поверхности только следов (радужной пленки) нефтепродуктов, масел и жиров.

Водородный показатель воды рН должен быть не менее 4 и не более 12,5.

Окисляемость воды должна быть не более 15 мг/л.

Допускается к применению вода при интенсивности запаха не более двух баллов.

Окраска воды должна находиться в пределах от бесцветной до желтоватой с цветностью не выше 70° по ГОСТ 3351. Если к бетону предъявляются требования технической эстетики, цветность воды не должна превышать 30°. Допускается в отдельных случаях использование воды с цветностью более 70°. При этом пригодность воды должна быть установлена испытанием по определению физико-технических свойств бетонной смеси

Вода, содержащая пенообразующие поверхностно-активные вещества, пригодна для применения при стойкости пены не более 2 мин. Допускается применение воды со стойкостью пены, равной 2 мин и более, при условии, если пригодность воды установлена сравнительными испытаниями по определению физико-технических свойств бетонной смеси и бетона.

В местах водозабора (при первичном контроле качества воды) содержание грубодисперсных примесей в воде не должно быть более 4% по объему [2].

#### **Отбор проб для испытаний**

Объем проб воды, отбираемой для испытаний, должен быть не менее 5 л.

Проба воды должна быть характерной для планируемого источника потребления воды. Пробы воды из источника с непостоянным химическим составом примесей отбирают с учетом сезонных, суточных и других изменений содержания примесей.

Отбор, хранение и транспортирование проб воды - в соответствии с ГОСТ 24481.

Отобранная проба воды должна быть испытана не позднее чем через две недели после ее отбора.

#### **Методы испытаний**

Испытание воды проводят не менее чем один раз в год, а также при обнаружении отклонений свойств воды от требований, и при изменении источника потребления воды.

Питьевая вода, соответствующая требованиям, применяется по любому назначению без дополнительных анализов.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ				

На первом этапе испытаний проводят осмотр воды в стеклянном прозрачном измерительном цилиндре вместимостью 100 мл для определения запаха, цвета, наличия масел, жиров, эмульсий, твердых и пенообразующих веществ.

Наличие следов нефтепродуктов, масел, жиров и эмульсий определяют визуально при осмотре поверхности воды.

Содержание грубодисперсных примесей определяют измерением объема осадка, образовавшегося в отстоявшейся через 24 ч после отбора пробы воде в стеклянном мерном цилиндре вместимостью 100 мл. Содержание грубодисперсных частиц  $m_{гр.ч}$ , % по объему, определяют по формуле:

$$m_{гр.ч} = \frac{V_{гр.ч}}{1,25V} 100, \quad (1)$$

где  $V_{гр.ч}$  - объем грубодисперсных частиц, мл;

1,25 - коэффициент, учитывающий плотность упаковки грубодисперсных частиц в осадке;

$V$  - объем воды в мерном цилиндре, мл.

Возможность пенообразования проверяют в течение 1 мин встряхиванием воды в наполненном наполовину мерном цилиндре вместимостью 100 мл на лабораторных встряхивателях с частотой встряхивания от 1500 до 2400 об/мин и определением устойчивости пены в минутах.

Водородный показатель рН определяют потенциометрическим методом с помощью рН-метров любых марок со стеклянными электродами с диапазоном рН от 0 до 14 и погрешностью измерений, не превышающей  $\pm 0,1$ . Для определения отбирают от 10 до 50 мл воды в стеклянный стакан вместимостью от 50 до 100 мл. Определение рН выполняют согласно инструкции к прибору.

Для определения содержания взвешенных частиц пробу воды объемом от 0,5 до 1 л взбалтывают в течение 20 с вручную и фильтруют ее через предварительно взвешенный тигель с пористым дном с размером пор от 5 до 10 мкм. Тигель с

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					



осадком высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 5)$  °С до тех пор, пока разность между результатами двух последовательных взвешиваний будет не более 0,1% массы навески.

Содержание взвешенных частиц  $M$ , мг/л, вычисляют по формуле:

$$M = \frac{m_1 - m_2}{V} \cdot 10^6, \quad (2)$$

где  $m_1$  - масса тигля с высушенным осадком, г;

$m_2$  - масса тигля, г;

$V$  - объем воды, отобранной на анализ, мл.

Окисляемость воды определяют по ГОСТ 23268.12.

При оценке содержания гуминовых веществ 5 мл пробы помещают в пробирку при температуре от 15 °С до 25 °С, добавляют 5 мл 3%-ного раствора гидроксида натрия, пробирку встряхивают и оставляют на 1 ч, после чего определяют цвет воды.[3]

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Режим работы предприятия

Режим работы предприятия круглосуточный трехсменный, одна рабочая смена имеет длительность 8 часов. Необходимость вводить круглосуточную работу предприятия объясняется наличием вращающейся печи обжига, остановка и запуск которой являются трудо- и энергозатратными операциями. Предприятие работает круглый год без выходных с остановками на ремонт общей продолжительностью 9 суток. Итого фактическое количество рабочих суток равно 356.

Расчетная производительность линии в час составляет 5 тонн. На первоначальном этапе производство будет укомплектовано одной технологической линией.

Объем годового выпуска доломитового вяжущего можно найти по формуле:

$$P = B_p \cdot h \cdot n \cdot V, \quad (3)$$

где  $B_p$  – число рабочих суток в году;

$h$  – число рабочих часов в сутки;

$n$  – число технологических линий;

$V$  – объем выхода готовой продукции в час с одной линии;

Так как время работы печи составляет 24 часа, то принимаем для дальнейших расчетов 24 часа;

Объем годового выпуска продукции:

$$P_1 = 356 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 5 = 42\,720 \text{ т} \quad (4)$$

#### 3.2 Материальный баланс

Согласно литературным данным потери доломита при прокаливании составляют 20 %. Количество добавки хлорида натрия составляет 2% от массы доломитовой

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ

породы. Для приготовления раствора добавки принимаем пропорцию добавка : вода равной 1:5 Потребность технологической линии в сырьевых материалах с учетом всех потерь, связанных с пылеуносом и потерями при прокаливании приведена в таблице 3.

Таблица 3. Потребность в сырьевых материалах для бетона

Вид материала	Ед. изм.	На 1 т продукта	Потребность			
			в год	в месяц	в неделю	в 2 дня
Доломитовая порода	т	1,2	51264	4272	1008	288
с учетом потерь от пылеуноса 10%	т	1,32	56390	4699	1109	317
Хлорид натрия ( $\rho_{нас} = 1,3 \text{ т/м}^3$ )	т	0,024	1025,3	85,44	20,16	5,76
Вода	т	0,12	5126,4	427,2	100,8	28,8

### 3.3 Описание технологической линии

Производство вяжущего строительного назначения из доломитов состоит из следующих основных этапов: дозировка и совместный помол исходных материалов, гранулирование шихты, обжиг гранул, помол, отпуск готовой продукции.

Производство включает следующие переделы:

- дозировка доломитового сырья и хлорида натрия;
- совместное измельчение доломитового сырья и добавки хлорида натрия;
- гранулирование;
- обжиг полученных гранул;
- помол гранул;
- упаковка и складирование готового вяжущего.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема производства вяжущего из доломитов.



Рисунок 1 – Технологическая схема производства вяжущего обжигом доломита с добавкой-интенсификатором

Хлорид натрия доставляется автомобильным транспортом и хранится в силосах. Доломитовая порода в виде щебня доставляется на склад железнодорожным транспортом. Со склада шнековым питателем подается в загрузочное отверстие барабанной шаровой мельницы для сухого помола непрерывного действия, туда же

со склада поступает требуемое количество хлорида натрия, происходит совместный помол.

Молотая с добавкой порода поступает в тарельчатый гранулятор, куда также через форсунки впрыскивается вода, необходимая для окатывания гранул, происходит увлажнение и гранулирование смеси. Окатанные гранулы поступают во вращающуюся печь 2,5x75 м и находятся в зоне обжига при температуре 750 °С в течение 1 часа. После обжига материал выгружают из печи в колосниковый холодильник, далее остывшие гранулы питателем подают в шаровую мельницу ШМ 1471, где они измельчаются до удельной поверхности, соответствующей остатку на сите №008 не более 15 %.

Готовое вяжущее загружают в затариватель биг-бэгов, расфасовывают и отправляют на склад готовой продукции. При перевозке и хранении материал необходимо беречь от воды и влажной среды.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

## 4 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Характер района размещения предприятия

Планируемое расположение предприятия в городе Копейск Челябинской области. Преобладающими ветрами в городе Копейск являются юго-западные (таблица 4), поэтому выбросы пыли попадают в промышленную зону города.

Таблица 4. Значения скорости ветра и повторяемости в городе Копейск [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Месяц	Повторяемость, % / Скорость ветра, м/с							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	7/4,4	3/4,2	2/2,8	7/2,4	20/3,1	38/3,1	10/3,5	13/4,5
Июль	20/4,5	12/4,4	7/3,7	5/2,3	7/2,9	12/3,2	12/3,9	25/4,5

Таблица 5. Основные характеристики района размещения предприятия

Показатель	Значение
Абсолютный температурный максимум	38,0 °С
Средняя температура	3,2 °С;
Абсолютный температурный минимум	- 43,5 °С
Высота снежного покрова	30-40 см
- в малоснежные зимы	7-23 см
Глубина промерзания почвы	90-130 см
Климат	теплый и умеренно влажный

## 4.2 Генеральный план и транспорт

Санитарно-защитная зона для заводов по обжигу доломитов (предприятия первого класса) в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [4] составляет 1000 метров.

Селитебная зона располагается юго-западнее предприятия на расстоянии более 1000 м.

Для обеспечения грузовых перевозок используется автомобильный и железнодорожный транспорт, автопогрузчики. Так же на производственной базе имеются грузовые автомобили и личные автомобили рабочего и управляющего персонала. Железнодорожным транспортом доломитовая порода доставляется до ближайшего железнодорожного тупика, откуда перегружается в грузовые автомобили и доставляется на предприятие. Добавка доставляется в биг-бэгах автотранспортом. Ширина автомобильных дорог 6 метров.

Площади зданий отображены в таблице 6.

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

## 5 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Для обеспечения работы предприятия требуется организация производственного процесса, учитывающая взаимосвязь отдельных процессов, возможность и невозможность перерывов, количества рабочих, их квалификаций, возможности совмещения параллельных функций и путей оптимизации процесса.

### 5.1 Описание технологического процесса

Аппаратчик дозирования 2 разряда осуществляет дозировку доломитового сырья и хлорида натрия вручную используя дозирующие шнеки, оснащенные частотными преобразователями для корректировки подаваемого на производство объема сырья. Процесс открытия и закрытия дозирующего устройства доломитовой породы занимает 4 минуты. Процесс открытия и закрытия дозирующего устройства хлорида натрия 40 секунд.

Процесс совместного помола породы с добавкой занимает 10 минут. Выгрузку молотого сырья из шаровой мельницы в тарельчатый гранулятор также осуществляют два аппаратчика дозирования второго разряда в течение 50 секунд. Материал орошается водой и окатывается в грануляторе. Окатанные гранулы самотеком поступают в приемочный бункер вращающейся печи 2,5x75 м, где находятся в зоне обжига при температуре 750 °С в течение 1 часа. За работой печи, температурой обжига и давлением газа наблюдает 2 слесаря газового оборудования не ниже 4 разряда. Обожженный материал самотеком поступает в колосниковый холодильник. Охлажденный материал питателем подается в шаровую мельницу, где он измельчается до требуемой удельной поверхности в течение 8 минут. Готовый продукт поступает в затариватель биг-бэгов. Затаривание биг-бэгов осуществляется аппаратчиком дозирования 2 разряда, один биг-бэг заполняется в течение 2 минут.

						08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			27



Водитель автопогрузчика не ниже 3 разряда осуществляет съём заполненного биг-бэга и отвозит его на склад в течение 12 минут.

В рабочую бригаду входят аппаратчик дозирования 2 разряда, контролирующей подачу материалов, слесарь газового оборудования не ниже 4 разряда, и водитель автопогрузчика не ниже 3 разряда.

## 6. Организация труда рабочих технологической линии

Средняя интенсивность потребления трудовых ресурсов:

$$P = \frac{\sum P_{(i,j)} t_{(i,j)}}{T_c} = \frac{1 \cdot 4,4 + 2 \cdot 10,5 + 2 \cdot 60 + 8 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 12}{96,9} = 1,73 \frac{\text{чел}}{\text{мин}}, \quad (5)$$

Где  $P$  - интенсивность потребления ресурсов на операции, чел;

$t$  - длительность операций;

$T_c$  - такт выпуска, мин;

Фактические затраты труда на стадийном процессе:

Общая трудоемкость:

$$H = 167,4 \frac{\text{чел}}{\text{мин}}, \quad (6)$$

Фактическая трудоемкость:

$$H_{\phi} = P_{\max} \cdot T_c = 2 \cdot 96,9 = 193,8 \frac{\text{чел}}{\text{мин}}, \quad (7)$$

Где  $P$  - наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов (максимальное число рабочих, одновременно занятых на выполнении операций), чел;

Потери труда из-за неравномерного и неполного использования трудовых ресурсов:

$$\Delta H_1 = H_{\phi} - H = 193,8 - 167,4 = 26,4 \frac{\text{чел}}{\text{мин}} \quad (8)$$

### 5.2 Пооперационный график работы машин технологической линии

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

В данном проекте практически отсутствует перемещаемое оборудование, таким образом, построим пооперационный график работы автопогрузчика. Пооперационный график представлена на рисунке 2.

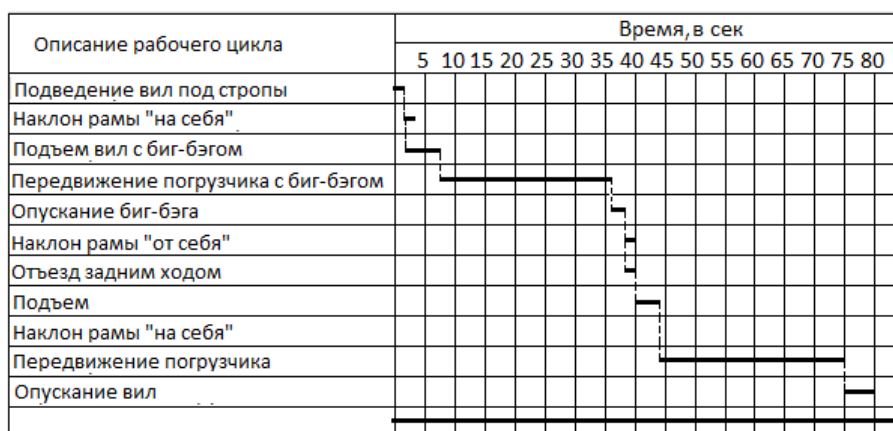


Рисунок 2 - Пооперационный график работы автопогрузчика

### 5.3 Расчет уровней механизации и автоматизации

Уровень механизации - доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых с помощью механизмов, определяется по формуле:

$$Y_m = \frac{\sum z_i \cdot k_i \cdot n_i}{3 \cdot \sum n} \tag{9}$$

где  $z_i$  - характеристика вида механизации операции:

$z = 0$  - операция не механизирована;

$z = 1$  - операция выполняется при помощи машины ручного действия;

$z = 2$  - операция выполняется при помощи механизированной машины;

$z = 3$  - операция выполняется при помощи механизированной машины, имеющей электрический или иной привод и не требующей ручного труда;

$k$  - коэффициент степени механизации операций:

$k = 1$  - операция механизирована полностью;

$k = 0,5$  - операция частично механизирована;

n - количество операций.

Уровень автоматизации - доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи автоматических и полуавтоматических устройств, агрегатов и линий, определяется по формуле:

$$Y_a = \frac{\sum z'_i \cdot k'_i \cdot n'_i}{1.5 \cdot \sum n} \quad (10)$$

где  $z'$  - характеристика автоматизации:

$z' = 0$  - операция не автоматизирована;

$z' = 1$  - операция выполняется при помощи полуавтоматических устройств, когда функции рабочего сводятся к включению, выключению агрегата и наблюдению;

$z' = 1,5$  - операция выполняется автоматически, без участия человека, функции рабочего сводятся к наблюдению;

$k'$  - коэффициент степени автоматизации операции:

$k' = 1$  - операция автоматизирована полностью;

$k' = 0,5$  - операция автоматизирована частично

Расчет уровней механизации и автоматизации всего технологического процесса представлен в таблице 6 [6].

Таблица 6. Расчет уровней механизации и автоматизации

Операция	Механизация				Автоматизация			
	$z_i$	$k_i$	$n_i$	$z_i \cdot k_i \cdot n_i$	$z'_i$	$k'_i$	$n'_i$	$z'_i \cdot k'_i \cdot n'_i$
Дозировка породы	3	0,5	1	1,5	1	0,5	1	0,5
Дозировка добавки	3	0,5	1	1,5	1	0,5	1	0,5
Совместный помол добавки с породой	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
Транспортировка молотого материала в гранулятор	2	0,5	1	1	0	-	1	0
Грануляция добавки с породой	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5

Окончание таблицы 6

Операция	Механизация				Автоматизация			
	$z_i$	$k_i$	$n_i$	$z_i \cdot k_i \cdot n_i$	$z_i'$	$k_i'$	$n_i'$	$z_i' \cdot k_i' \cdot n_i'$
Транспортировка гранул в печь	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
Обжиг гранул	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
Охлаждение гранул	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
Транспортировка охлажденных гранул в мельницу	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
Помол гранул	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
Затаривание биг-бэгов	3	0,5	5	7,5	1	0,5	5	2,5
Съем и складирование биг-бэгов	3	0,5	5	7,5	0	-	5	0

$$Y_m = 40 \cdot 100 / 3 \cdot 20 = 66,6 \% \quad (11)$$

$$Y_a = 14 \cdot 100 / 1,5 \cdot 20 = 46,6 \% \quad (12)$$

Исходя из расчета уровня автоматизации и механизации можно сделать вывод, что данное производство является частично автоматизировано и механизировано.

Доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи автоматических и полуавтоматических устройств равна 46,6%.

Доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых с помощью механизмов равна 66,6%.

## 6 ОБОРУДОВАНИЕ

### 6.1 Шаровые мельницы

Для измельчения материалов в тонкую фракцию служат мельницы различных типов и конструкций, в которых измельчение происходит методом истирания материалов или одновременно воздействия от ударов и истирания. Виды таких мельниц, как и типы их конструкции, весьма разнообразны и многочисленны. Наиболее широкое применение получили шаровые мельницы.

Насколько экономичен процесс измельчения, показывает не только конструктивное исполнение мельничного агрегата, но и схема измельчения, которая заложена в аппарате.

Для мелкого и тонкого размола служат мельницы с замкнутым контуром работы. Такая схема измельчения подразумевает поступление материала в аппарат, который классифицирует зерна по размеру: от крупного до мелкого. Материал с требуемой степенью измельчения выходит из мельницы в качестве готового материала, а более крупные зерновые фракции поступают снова в загрузочный бункер на повторное измельчение, создавая тем самым замкнутый цикл.

Благодаря замкнутому циклу можно увеличить производительность мельниц, не увеличивая расход энергии на размельчение: продукт можно отводить частями по заданной конечной величине зерна, а продукт более крупной зернистости отправлять непрерывно на домол. При замкнутом цикле работы возможна полная разгрузка мельницы, даже если не весь продукт соответствует заданному размеру зерна.

Основными характеристиками мельницы являются:

- Диаметр барабана: Ø900 мм.
- Длина барабана: 3000 мм.
- Крупность загруз. материала: 0-20 мм.
- Крупность измельченного: 0.075 – 0.89 мм.

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

- Производительность 1.1 –3.5 т/ч.
- Эл.двигатель: 22 кВт.
- Электропитание: 380 В/3/50Гц.

### Описание, принцип действия, расчеты и технические характеристики шаровых мельниц

Для размола продукта в мелкую фракцию служат шаровые мельницы, которые выполняют обработку продукта шарами. И материал, и шары находятся вместе во вращающемся барабане полой конструкции. Шары из стали или кремния в барабане ударяются о материал, разбивая и истирая его.

С нарастанием скорости вращения мельничного аппарата возрастает центробежная сила и угол подъёма шаров. Этот угол растет, пока сумма весов шаров не превысит величину центробежной силы. Тогда шары будут падать вниз по определенной кривой. Если центробежная сила станет слишком велика, то шары начнут вращаться вместе с мельницей, а материал перестанет измельчаться. Поэтому целесообразно определить число оборотов мельничного аппарата, при котором шары будут падать с максимальной высоты и с наибольшей скоростью при падении.

Итак, максимальное число оборотов барабана определяется следующим образом, при условии, что шар пребывает в точке  $m$ . Шар находится под действием сил, действующих в разных направлениях (рисунок 3).

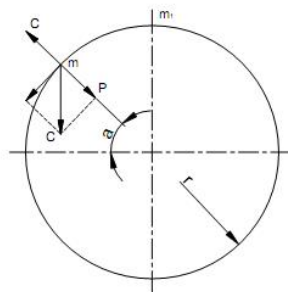


Рисунок 3 - Действие сил на шар

При этом центробежная сила равна:

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{(G \cdot \omega^2 \cdot r)}{g}, \quad (13)$$

и составляющая величина силы веса шара

$$P = G \cdot \sin \alpha, \quad (14)$$

где G – вес шара в кгс;

$\omega$  – угловая скорость вращения барабана;

D – диаметр барабана в м;

n – число оборотов в минуту;

C – центробежная сила, измеряемая в кгс.

Для пребывания шара в равновесии должно быть соблюдено следующее условие:

$$\left(\frac{G}{g}\right) \cdot \omega^2 \cdot r \geq G \cdot \sin(\alpha) \quad (15)$$

или

$$C \geq P \quad (16)$$

Обычно расчет ведётся по формуле:

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} \quad (17)$$

С целью уменьшения скольжения шаров броня имеет не гладкую поверхность, а ступенчатую (волнами). Таким образом, при числе оборотов, рассчитанном выше указанной формулой, достигается требуемый подъём шаров.



Рисунок 4 – Схема барабана

Вес шаров должен обеспечивать размельчение достаточно больших кусков загруженного материала. Так как шары падают с разной высоты, порой трудно точно рассчитать выполняемую ими работу.

Должна соблюдаться правильная пропорция между размером шаров и кусками загруженного материала (рисунок 4), чтобы достичь эффективности в работе шаровой мельницы. Если в измельчаемом продукте будет много больших кусков, то они не будут размалываться, собираясь между шарами, приостанавливая тем самым работу мельницы. В этом случае следует уменьшить размер кусков размельчаемого материала или же увеличить величину шаров, что, однако, уменьшит производительность мельницы.

Поэтому есть смысл в использовании шаров более мелкого размера. Диаметр не должен быть меньше требуемой величины. Например, шары с диаметром менее 65 мм применяются редко. Эффективность процесса размолы и производительные показатели мельницы зависят от объёма заполнения барабана шарами, который не должен превышать 25-40% объёма самого барабана.

Производительные показатели мельницы зависят от диаметра барабана, а также соотношения диаметра и длины барабана. Если длина барабана маленькая, помол будет более грубым. Чтобы достичь более тонкого помола, необходим возврат большого количества материала обратно в мельницу, которая таким образом перегружается. Если длина барабана достаточно велика, то помол будет происходить в передней части его, а остальная часть будет бездействовать, тем не менее потребляя энергию.

Нет оптимального соотношения между длиной и диаметром барабана, однако обычно его принимают:

$$L : D = 1,56 - 1,64 \quad (18)$$

На производительность мельницы влияют и многие другие факторы, как например, степень заполнения шарами барабана, размер шаров, форма брони, число



оборотов при вращении барабана, тонкость помола, влажность и размер крупной фракции измельчаемого продукта, своевременное удаление готовой продукции.

Отличие шаровых мельниц от других типов состоит также в том, что они имеют большой расход энергии, т.е. работая вхолостую, мельница с шарами расходует такое же количество энергии, что и мельница при полной загрузке. Так что процесс работы мельницы с неполной загрузкой считается невыгодным.

### 6.1.1. Шаровая диафрагмовая мельница

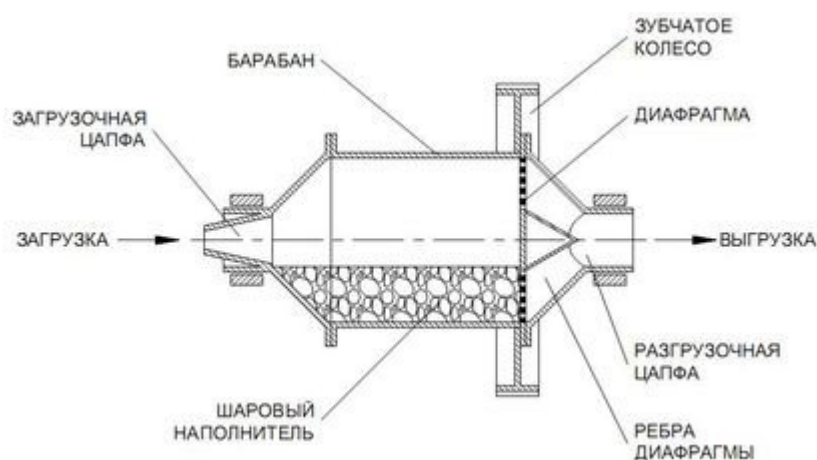


Рисунок 5 – Шаровая диафрагмовая мельница

Шаровые диафрагмовые мельницы (рисунок 5) оснащены цилиндрическим барабаном с литыми торцевыми крышками. Барабан вращается на полых цапфах. Рядом с одной из крышек, в барабане находится перекрытие диафрагмой. Измельченный материал в виде суспензии проходит сквозь щели диафрагмы, подхватывается ребрами диафрагмы и удаляется из мельницы через цапфу. Кроме того, через цапфу при помощи питателя подается исходный материал. Часть отверстий диафрагмы можно перекрывать, чтобы регулировать уровень суспензии в мельнице. Шаровые диафрагмовые мельницы применяются только для мокрого измельчения.

Трубные мельницы полностью измельчают обрабатываемый материал, вследствие того, что материал дольше находится в длинном барабане. В данном

случае увеличивается расход электроэнергии, но отпадает необходимость в использовании классификатора. Трубные мельницы бывают однокамерного и многокамерного типа. Многокамерные оснащаются перегородками, которые делят камеру на 3-4 отсека. В каждом отсеке находятся дробящие тела разного размера (уменьшается в соответствии с измельчением материала). Отсеки, расположенные первыми по ходу движения измельчаемого материала, заполняются шарами на 23-30% объема, последние отсеки заполнены на 40%.

Для измельчения керамических материалов используются мельницы, оснащенные кремниевыми плитами, которые не загрязняют обрабатываемый материал железом.

Обработанный материал разгружается через щели, которые расположены по периферии торцевой стенки, а потом попадает в кольцевой желоб.

#### 6.1.2. Цилиндрические, трубчатые и конические шаровые мельницы

Типы шаровых мельниц определяют конструктивные решения барабанов. Исходя из этого, различают цилиндрические, трубчатые и конические шаровые мельницы.

Цилиндрические мельницы имеют барабаны  $\varnothing$  0,9 – 2,7 метра. Чем крупнее фракция измельчаемого продукта, тем больше должен быть барабан. Барабаны заполнены стальными или кремниевыми шарами. Стальные шары имеют  $\varnothing$  20 – 185 мм, а кремневые 70 - 100 мм. Шары расположены равномерно по всей длине мельницы. Цилиндрические мельницы для измельчения крупного продукта должны быть небольшой длины.

Трубчатые шаровые мельницы имеют шары, которые воздействуют более длительно на измельчаемый продукт. Барабаны у таких мельниц, как правило, имеют большую длину (рисунок 6).

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

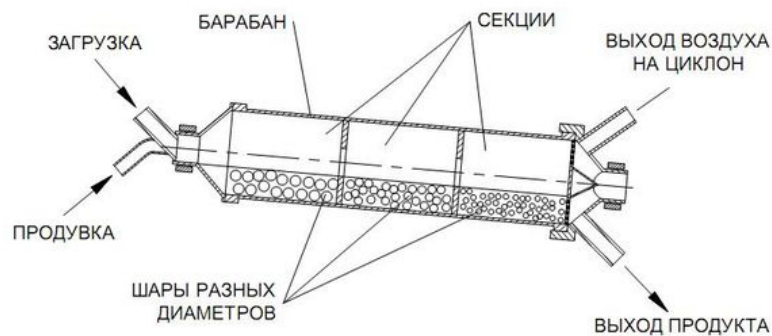


Рисунок 6 - Трубчатая шаровая мельница

Приводной вал на концах снабжен фрезерованными выступами и впадинами, которые входят, в свою очередь, в муфты. Такая конструкция предотвращает осевое смещение мельницы на редуктор или электродвигатель.

Коническая шаровая мельница имеет корпус, состоящий из 2-х конусов, между которыми располагается короткая цилиндрическая часть (рисунок 7).

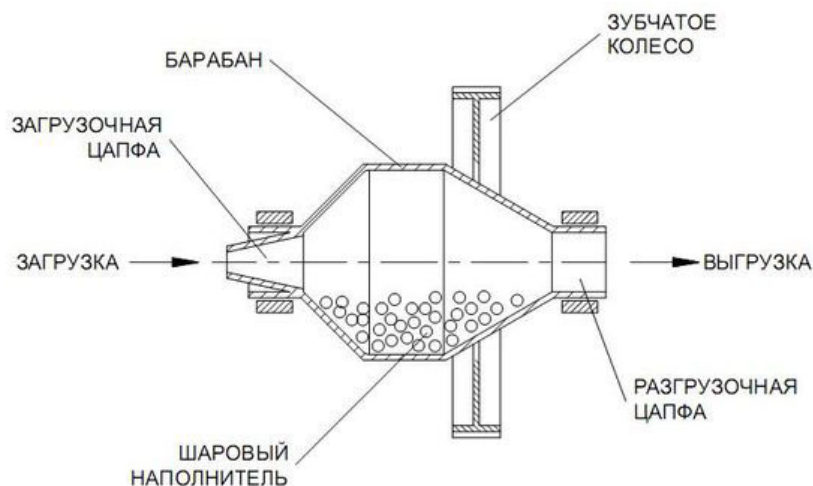


Рисунок 7 - Коническая шаровая мельница

Коническая мельница это изменённая форма цилиндрической шаровой мельницы, что является весьма целесообразным, так как достигается определенная пропорциональность между прилагаемым усилием и полезным сопротивлением. В конической мельнице более крупные по размеру шары размещены глубже в цилиндрической части корпуса, и по направлению к разгрузочной части размер шаров постепенно уменьшается [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Далее приведена схема конической мельницы (рисунок 8), оснащённой воздушным сепаратором. Подаваемый в мельницу вентилятором воздух уносит измельчаемый материал в воздушный сепаратор, откуда самотёком крупные фракции снова возвращаются в мельницу по трубе. Из циклона выгружается готовый материал, а воздух возвращается в вентилятор по трубе. Избыточный же воздух уходит по трубе в атмосферу.

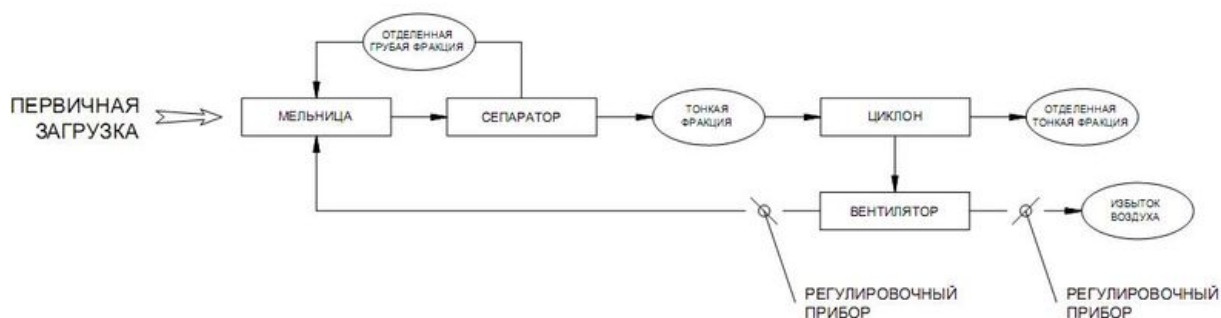


Рисунок 8 – Схема действия конической мельницы

### 6.1.3. Центробежно-шаровые мельницы

Механизм помола (рисунок 9) представляет собой шары, зажатые между двух колец. Нижнее кольцо вращается, а верхнее неподвижно. Нижнее кольцо и давление пружин, передаваемое по верхнему кольцу, приводят в движение шары. Нажимная гайка регулирует натяжение пружин. Распределение давления между пружинами происходит равномерно, благодаря чему шары также изнашиваются равномерно. Измельчённый материал поступает по жёлобу в камеру мельничного агрегата, отбрасывается к периферии и растирается между кольцами и шарами, вытесняясь наружу, откуда поток воздуха отбрасывает его в сепаратор [13].

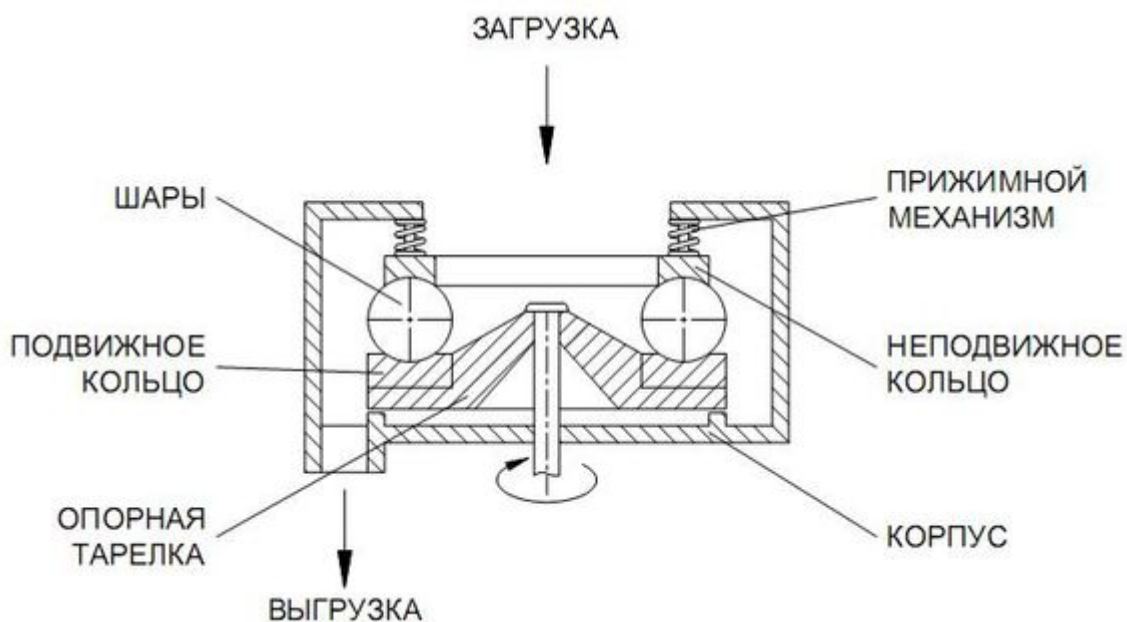


Рисунок 9 - Схема действия центробежно-шаровой мельницы

Мельница работает от электропривода, имеющего клиноременную передачу. Материал имеет максимальный размер измельчаемой фракции, равный 25 – 40 мм.

### Основные преимущества шаровых мельниц

Данное устройства обладают довольно простой и весьма надежной конструкцией. Их преимущества:

- высокий выход измельченного продукта (до 95 %);
- весьма тонкий помол (размер частиц до 2 мкм);
- повышенная износостойкость оборудования (по сравнению с молотковой технологией).

Исходя из вышеперечисленного в нашем производстве используется центробежно-шаровая мельница.

Шаровые мельницы обладают высокой производительностью.

### Технические параметры

- Модель ф1.5\*5.7м
- Диаметр (мм) 1830
- Длина (мм) 7000

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

- Производительность (т/ч) 5-8
- Мощность (кВт) 210
- Редуктор ZD60
- Вес (т) 36.

## 6.2 Шнековый питатель

Погрузчик шнековый (D-110 мм/L - 8метра/3.0 квт/бурт/колеса/) предназначен для транспортирования, погрузки и выгрузки зерновых, масленичных и технических культур (рисунок 11).

- Диаметр трубы - 110 мм
- Установленная мощность эл.дв. 3.0 квт./1500 об/мин.
- Длина трубы шнека 8 метров. (L раб/по центрам загрузки)
- Толщина спирали шнека (рабочего органа) – 3 мм
- Передвижной с регулировкой высоты подъема
- Длина секции: четыре 2+2+2+2 метра
- Производительность до 5 т/ч
- Напряжение - 380 (делаем и на 220 В плюс к сумме 2500 грн).
- Высота сброса до 4 м. (рекомендуемая 4 метр)
- Частота вращения рабочего вала-1500 об/мин
- Масса 120 кг

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 11 - Шнековый питатель

### 6.3 Грануляторы

Грануляторы предназначены для получения гранул из порошкообразных материалов с добавлением жидкофазного связующего.

Для обеспечения смешивания ингредиентов, необходимо достижение 50% влажности.

Грануляторы могут использоваться во всех производствах, связанных с переработкой и выпуском сыпучих продуктов, как малотоннажных 0,5- 1,0 т/ч., так и крупнотоннажных - до 15 т/ч, где нет жёстких требований к гранулометрическому составу. Гранулы обычно имеют шарообразную форму, средний диаметр которых может колебаться в диапазоне от 3 до 20 мм.

Грануляторы можно классифицировать по устройству и принципу действия на следующие типы:

- барабанные грануляторы;
- тарельчатые (чашевые) грануляторы;
- конусные грануляторы;
- многоконусные грануляторы;

- ленточные грануляторы;
- вибрационные грануляторы.

Огромный спрос к тарельчатым грануляторам вырос в наше время, потому что этот аппарат для гранулирования имеет много плюсов. Главным преимуществом этого аппарата является то, что на выходе обеспечивается достаточная гомогенность гранул. Ещё выделяют и многие другие положительные моменты дискового гранулятора, например, сравнительно низкая цена, прост и надёжен при эксплуатации, наименее энергоёмкий.

Основные характеристики тарельчатого/дискового гранулятора (рисунок 12)

- Мощность: 12,5 кВт
- Скорость: 14 об/мин
- Емкость: 4,5-5,5 т/час
- Редуктор: двухступенчатый
- Высота бортов: 1150 мм
- Габариты: 4,9 \* 4 \* 4,75 м



Рисунок 12 -Тарельчатый/дисковый гранулятор диаметр 4,5 м

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43



#### 6.4 Вращающаяся печь

Представляет собой промышленную вращающуюся печь (рисунок 13). Вращающаяся печь выполняет вращающееся движение.

Основное предназначение - нагрев различных сыпучих и порошкообразных материалов с целью их физико-химической обработки.

В зависимости от условий и нужд конкретного производства и различных материалов, различают цементную, металлургическую, химическую и известковую вращающуюся печь.



Рисунок 13 - Вращающаяся печь

Как правило, вращающаяся печь применяется для обжига цементного клинкера и может быть представлена в двух типах: цементная вращающаяся печь мокрого и сухого способа.

Производительность данного агрегата в первую очередь зависит от габаритов, длины, диаметра, а также наклона и скорости вращения печи, материала, из которого выполнена внутренняя поверхность, тяги и прочих характеристик.

На сегодняшний день удельная производительность современных вращающихся печей должна составлять не менее 16 - 50 кг/м/час. Таким образом, выбирая печь с большей производительностью, можно достичь снижения себестоимости клинкера за счет сокращения операционных затрат.

Технические параметры:

- Модель ф2.2\*45;
- Диаметр (м) 2.2;

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- Длина (м) 45;
- Производительность (т/ч) 3.4-5.4;
- Число оборотов(об/мин) 0.21-2.44;
- Двигатель (кВт) 45;
- Вес(т) 128.3;

**Преимущества:**

- Высокие показатели производительности;
- Способность выполнять большой объем работ за единицу времени;
- Простота в эксплуатации, монтаже и обслуживании;
- Безопасность работы, которая достигается полной изоляцией всех нагревательных элементов;
- Надежность и долговечность конструкции, которая рассчитана на долгий рок службы;

### 6.5 Колосниковый холодильник

Для быстрого охлаждения клинкера, выходящего из печи с температурой 1000-1200 °С, до 50-150 °С служат холодильники различной конструкции: барабанные и колосниковые.

Барабанный холодильник-металлический барабан, имеющий частоту вращения 3-6 об/мин. Холодильник наклонен под углом 4-6° в сторону, противоположную наклону печного барабана. Длина барабанного холодильника 15-30, диаметр 2,5-5 м.

При вращении холодильника материал движется к выгрузочному концу, охлаждаясь поступающим навстречу холодным воздухом. Для лучшего теплообмена между клинкером и воздухом в барабане устроены пересыпные ковши.

Устанавливается холодильник под вращающейся печью и служит ее продолжением.

К недостатку барабанного холодильника можно отнести относительно большие размеры и слабая степень охлаждения клинкера (до 100-200°С).

В рекуператорных холодильниках клинкер охлаждается до 100-150 °С. Холодильник состоит из нескольких охлаждающих барабанов (рекуператоров), симметрично расположенных вокруг корпуса печи со стороны ее горячего конца и вращающихся вместе с печью.

Для лучшего пересыпания клинкера при вращении печи внутри с горячего конца футерован броневыми плитами с полками из жаростойкого чугуна. Основная часть рекуператора не футеруется, но в ней есть полки или цепи, способствующие быстрому охлаждению клинкера.

Рекуператорными холодильниками размером (1,1-1,2) X6 м оборудованы вращающиеся печи размерами 3,6X150 м, 4X150 м и др.

Наибольшая скорость и степень охлаждения клинкера достигается в колосниковых холодильниках. В них клинкер охлаждается до 80-120 °С путем принудительного просасывания воздуха сквозь слой движущегося по колосниковой решетке клинкера, чем обеспечивается интенсивный теплообмен.

Устанавливают их под печами или они служат продолжением печей.

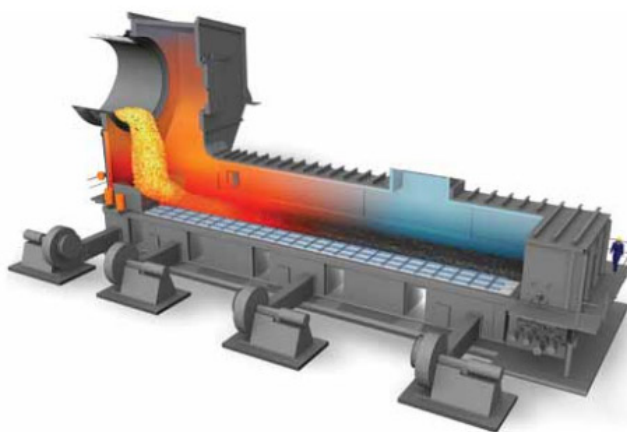


Рисунок 14 - Колосниковый холодильник

Колосниковый холодильник «Волга» (рисунок 14) производительностью 35-150 т/ч представляет собой камеру с горизонтальной решеткой. Продольные стены

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ				

камеры на уровне колосниковой решетки футерованы стальными броневыми плитами, а выше ее - огнеупорным кирпичом. Клинкер из вращающейся печи поступает в шахту холодильника, где установлены неподвижные наклонные колосники, и резко охлаждается вентилятором острого дутья.

Острое дутье способствует более равномерному распределению слоя клинкера по ширине решетки, что обеспечивает его равномерное охлаждение. Дальнейшее охлаждение клинкера происходит на колосниковой решетке, состоящей из подвижных и неподвижных колосников. Здесь через него продувается воздух, нагнетаемый вентилятором общего дутья в подколосниковое пространство.

В результате возвратно-поступательного движения колосников клинкер постепенно перемещается вперед по отлогой поверхности неподвижного колосника к разгрузочному концу холодильника, откуда клинкерным конвейером подается на склад. Не прошедшие через сортировочную решетку крупные куски клинкера перед поступлением на склад дробятся в молотковой дробилке, установленной в разгрузочном конце холодильника.

Зерна клинкера, провалившиеся через решетку (просыпь), удаляются скребковым конвейером для просыпи.

Подколосниковое пространство разделено перегородкой на две камеры, в которые вентиляторы подают атмосферный воздух для охлаждения клинкера. Степень охлаждения клинкера зависит от скорости его перемещения и толщины слоя на решетке при условии подачи постоянного количества охлаждающего воздуха. Регулируя эти два параметра и сочетая их с работой печи, можно добиться лучшего режима охлаждения клинкера.

Исходя из того, что основные преимущества колосниковых холодильников, это— эффективный обмен тепла между охлаждаемым материалом и охлаждающим воздухом, высокий тепловой к. п. д., позволяющий значительно уменьшить расход топлива на обжиг, а также высокая степень охлаждения материала, разрешающая в ряде случаев направлять его непосредственно на дальнейшую технологическую

переработку в нашем производстве используется именно колосниковый холодильник.

Технические характеристики:

- Производительность (т/сут) 1800;
- Удельный расход электроэнергии (кВт/т) 8,9;
- Тепловой КПД (%) 70;
- Габаритные размеры 27800х6500х6400;
- Температура охлаждающего клинкера не более 65;

## 6.6 Затариватель

После монтажа, перед началом работы с затаривателем (рисунок 15) производится тарирование весоизмерительного оборудования. Сыпучий продукт загружается в бункер дозатора шнековым питателем.

Далее на загрузочную трубу затаривателя одевается биг-бэг и фиксируется зажимами с пневмоцилиндрами. Биг-бэг устанавливается на платформу с поддоном.

После фиксации открывается задвижка на загрузочной трубе затаривателя и материал начинает поступать в контейнер. Для легкотекущих продуктов вместо задвижки используется шлюзовый затвор. При подаче фасуемого продукта в биг-бэг на электронном щите фасовщика отображается реальный вес продукта.

После достижения заданной дозы продукта в контейнере затариватель автоматически перекроет подачу сырья и откроет зажимы удерживающие биг-бэг на загрузочной горловине.

Далее автопогрузчик может забирать готовый к отгрузке биг-бэг с отдозированным материалом. Для удобства заезда автопогрузчика платформа оборудована пологим пандусом.

Бункер затаривателя-дозатора-фасовщика оборудован датчиком верхнего уровня. При достижении предельного уровня наполнения бункера производится

						08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			48

автоматическое выключение подачи сырья в бункер. При этом процесс дозирования продолжается [7].

Таблица 7. Технические характеристики автоматического затаривателя

Наименование	Значение
Производительность, шт/час	до 15
Максимальная доза для взвешивания, кг	2500 кг
Диаметр загрузочной трубы, мм	320
Количество тензодатчиков, шт	3
Объем загрузочного бункера, л	1800
Мощность, кВт, не более	1,5
Требование к сети, В/Гц	380/50
Габаритные размеры, (Д*Ш*В), мм	240*1530*3156
Масса, кг	750



Рисунок 15 - Автоматический затариватель ФМК -ЛЮКС-2500

## 7 АВТОМАТИЗАЦИЯ

### 7.1 Автоматизация контроля давления газа в горелке

Важным параметром, обеспечивающим работу газовой горелки вращающейся печи, является давление газа, подаваемого из системы газопровода. Например, снижение давления ниже заданных значений может привести к снижению температуры в зоне обжига, что в свою очередь приведет к недостаточной степени обжига сырьевого материала. Падение давления в системе может быть вызвано различными причинами, например, увеличением расхода газа потребителем, находящимся ближе к газораспределительному узлу. Для своевременного обнаружения нарушений в работе системы газоснабжения предложено установить предупредительный свето-звуковой сигнал [10].

### 7.2 Описание функциональной схемы

Схему автоматизации дат процесса оповещения о нарушении работы системы газоснабжения (рисунок 16) входят:

S1 - нормально разомкнутые контакты реле приборов, замыкающиеся при достижении значений, при которых должна срабатывать сигнализация;

V1 - сирена / звонок, с рабочим напряжением 220 вольт переменного тока;

E1 - лампа накаливания 220 В;

O1 - кнопка отключения звука;

K1 - электромагнитное реле / пускатель, с рабочим напряжением 220 вольт переменного тока на катушке, с одним нормально замкнутым и одним нормально разомкнутым контактами;

K1.1 - нормально разомкнутый контакт реле;

K 1.2 - нормально замкнутый контакт реле;

T1 - Кнопка «Тест системы».

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Все обозначения элементов схемы выполнены в соответствии с требованиями стандартов [ГОСТ 2.755-87 Единая система конструкторской документации (ЕСКД), ГОСТ 2.781-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД)] [8,9].

Кнопка «Тест системы» имитирует срабатывание сигнализации. При нажатии загорается лампочка E1 и слышен звук сирены / звонка B1. Контакты реле датчика давления S1 стоят параллельно с кнопкой «Тест системы». При замыкании контакта реле прибора загорается лампочка «E1» световой сигнализации и подается напряжение 220 вольт на сирену / звонок звуковой сигнализации. Если оператор газового оборудования оповещен и начинает работу над исправлением неисправности, звуковая сигнализация может быть выключена, нажатием кнопки «O1». Напряжение подается на катушку реле K1. При его срабатывании размыкается цепь питания сирены (контакт K1.2), звуковая сигнализация отключается. Лампочка продолжает работать до устранения неисправности, т.к. реле подхватывается через контакт K1.1. Если контакт прибора, вызвавший включение сигнализации размыкается, то соответственно выключается сигнализация – и световая и звуковая.

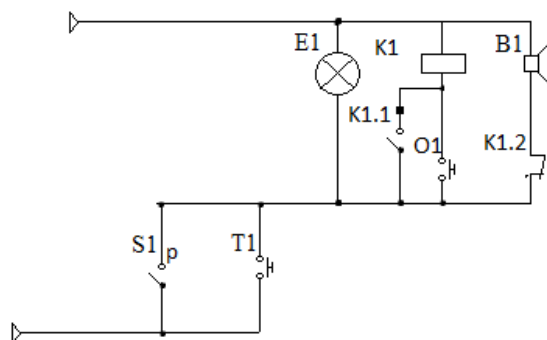


Рисунок 16 - Схема автоматизации процесса оповещения, где S1 - нормально разомкнутые контакты реле приборов, замыкающиеся при достижении значений, при которых должна срабатывать сигнализация; B1 - сирена / звонок, с рабочим напряжением 220 вольт переменного тока; E1 - лампа накаливания 220 В; O1 - кнопка отключения звука; K1 - электромагнитное реле / пускатель, с рабочим



напряжением 220 вольт переменного тока на катушке, с одним нормально замкнутым и одним нормально разомкнутым контактами; К1.1 - нормально разомкнутый контакт реле; К 1.2 - нормально замкнутый контакт реле; Т1 - Кнопка «Тест системы».

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ

## 8 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 8.1 Расчет горения газа

Топливом для производства извести во вращающихся печах является природный и ферросплавный газы, имеющие характеристики, указанные в таблице 8

Таблица 8. Состав газов, % по объему:

Природного:						
$CH_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$N_2$	$CO_2$	$\Sigma$
94,16	2,49	0,38	0,24	2,6	0,13	100
Ферросплавного:						
$CO_2$	$O_2$	$CO$	$H_2$	$CH_4$	$N_2$	$\Sigma$
3,4	0,4	83,8	6,2	0,2	6,0	100

Теплотворная способность газов:

А) природного  $Q_H^p = 8200$  ккал/нм<sup>3</sup>

Б) ферросплавного  $Q_H^p = 2700$  ккал/нм<sup>3</sup>

Расчет горения природного газа

Теоретически необходимый расход  $O_2$ :

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3,5 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + 6,5 \cdot C_4H_{10}) \quad (13)$$

$$V_{O_2} = 0,01 \cdot (2 \cdot 94,16 + 3,5 \cdot 2,49 + 5 \cdot 0,38 + 6,5 \cdot 0,24) = 2,005 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Теоретически необходимый расход воздуха:

$$L_B = (1 + \kappa) \cdot V_{O_2}, \quad (14)$$

где  $\kappa$  - отношение объемных содержаний азота и кислорода в дутье

$$L_B = (1 + 3,76) \cdot 2,005 = 9,544 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объем  $CO_2$  в продуктах сгорания

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CH_4 + 2 \cdot C_2H_6 + 3 \cdot C_3H_8 + 4 \cdot C_4H_{10}) \quad (15)$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (0,13 + 94,16 + 2 \cdot 2,49 + 3 \cdot 0,38 + 4 \cdot 0,24) = 1,014 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объем  $N_2$  в продуктах сгорания:

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot L_B + 0,01 \cdot N_2 \quad (16)$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 9,544 + 0,01 \cdot 2,6 = 7,566 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объем сухих продуктов полного сгорания:

$$V_{с.г} = V_{CO_2} + V_{N_2} \quad (17)$$

$$V_{с.г} = 1,01 + 7,566 = 8,576 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объем водяных паров в продуктах полного сгорания:

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot r = \frac{(G \cdot \omega^2 \cdot r)}{g}, \quad (18)$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3 \cdot C_2H_6 + 4 \cdot C_3H_8 + 5 \cdot C_4H_{10}) + 0,016 \cdot L_B$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot 94,16 + 3 \cdot 2,49 + 4 \cdot 0,38 + 5 \cdot 0,24) + 0,016 \cdot 9,544 \\ = 2,138 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$V_{\Sigma} = V_{с.г} + V_{H_2O} \quad (19)$$

$$V_{\Sigma} = 8,576 + 2,138 = 10,714 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Состав продуктов сгорания с теоретически необходимым количеством воздуха при  $\alpha=1,0$

$$CO_2 = \frac{0,874}{2,726} \cdot 100 = 32,06\%$$

$$H_2O = \frac{0,100}{2,726} \cdot 100 = 3,67\%$$

$$N_2 = \frac{1,752}{2,726} \cdot 100 = 64,27\%$$

при  $\alpha=1,05$

$$V_B = (1,05 - 1) \cdot 2,142 + 2,142 = 2,249 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 2,249 + 0,01 \cdot 6,0 = 1,837 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{c.r} = 0,874 + 1,837 = 2,711 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,100 + (1,05 - 1) \cdot 0,016 \cdot 2,142 = 0,102 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\Sigma} = 2,711 + 0,102 = 2,813 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Составим сводную таблицу результатов расчетов горения природного и ферросплавного газов ( таблица 9).

Таблица 9. Сравнительные теплотехнические характеристики природного и ферросплавного газов

Наименование характеристики	Природный газ	Ферросплавный газ
1	2	3
Теоретический необходимый расход воздуха, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	9,544	2,142
Объем сухих продуктов полного сгорания, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> при α=1,0 при α=1,05	8,576 8,956	2,626 2,711
Объем водяных паров, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> при α=1,0 при α=1,05	2,138 2,145	0,100 0,102
Полный объем продуктов сгорания, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> при α=1,0 при α=1,05	10,714 11,097	2,726 2,813
Теплотворная способность, ккал/м <sup>3</sup>	8200	2700
Теоретически необходимое количество воздуха на 1000 ккал/м <sup>3</sup>	1,164	0,793

Окончание таблицы 9

Наименование характеристики	Природный газ	Ферросплавный газ
1	2	3
Температура горения, °С	2040	2180
Количества дымовых газов при $\alpha=1,0$ на 1000 ккал/ м <sup>3</sup>	1,307	1,010
Объем $CO_2$ в продуктах сгорания	1,01	0,100

Как видно из таблицы 9, ферросплавный газ имеет меньшее необходимое количество воздуха и получаемых дымовых газов в расчете на 1000 ккал теплотворной способности газа.

## 8.2 Материальный баланс вращающейся печи при работе на природном газе

Материальный баланс весовой расчет химических и физических превращений и веществ процесса обжига известняка. Расчет ведется на 1 базовый кг извести 90%

### Исходные данные

При производительности 5т. шихты расход природного газа 2300 м<sup>3</sup> /ч. Приведем температурные характеристики вращающейся печи обжига доломита (таблица 10)

Таблица 10. Температурный режим вращающейся печи

Параметр	Температура, °С
Доломит на выходе из рекуператора	265
Факел	1360
Футеровка (внутренней поверхности)	980
Известь на выходе из печи в рекуператор	1115

Окончание таблицы 10

Параметр	Температура, °С
Отходящие газы в конце печи	750
В пылевой камере	795
Доломит на тарельчатом питателе	275

На основании материальных и тепловых замеров были составлены материальный и тепловой баланс для печи при производительности 5 т. шихты/ч.

Расход природного газа

Удельный вес газов:

$$\gamma_{\text{пг}} = 0,0196 \cdot CO_2 + 0,00714 \cdot CH_4 + 0,0134 \cdot C_2H_6 + 0,0196 \cdot C_3H_8 + 0,0259 \cdot C_4H_{10} + 0,0125 \cdot N_2 \quad (20)$$

$$\gamma_{\text{пг}} = 0,0196 \cdot 0,13 + 0,00714 \cdot 94,16 + 0,0134 \cdot 2,49 + 0,0196 \cdot 0,38 + 0,0259 \cdot 0,24 + 0,0125 \cdot 2,6 = 0,75 \text{ кг/м}^3$$

Удельный расход топлива:

$$V_{\text{пг}} = \frac{Q_{\text{пг}}}{P} \quad (21)$$

$$V_{\text{пг}} = \frac{2300}{8852} = 0,26 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Весовой расход газов:

$$G_{\text{пг}} = Q_{\text{пг}} \cdot \gamma_{\text{пг}} \quad (22)$$

$$G_{\text{пг}} = 2300 \cdot 0,75 = 1725 \text{ кг/ч}$$

Весовой удельный расход газов:

$$g_{\text{пг}} = \frac{G_{\text{пг}}}{P} \quad (23)$$

$$g_{\text{пг}} = \frac{1725}{8850} = 0,195 \text{ кг/кг}$$

Расход воздуха на горение природного газа:

при  $\alpha=1,05$

$$V_{O_2} = 1,05 \cdot 2,005 = 2,105 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{N_2} = 2,105 \cdot 3,762 = 7,919 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

При влажности воздуха 1,8% и температурой 16 °С:

$$V_{H_2O} = \frac{(V_{O_2} \cdot V_{N_2}) \cdot 100}{100 - WP} - (V_{O_2} + V_{N_2}) \quad (24)$$

$$V_{H_2O} = \frac{(2,105 \cdot 7,919) \cdot 100}{100 - 1,8} - (2,105 + 7,919) = 0,184 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Весовой расход при  $\alpha=1,05$

$$V_{H_2O} = V_i \cdot \gamma \quad (25)$$

$$V_{O_2} = 2,105 \cdot 1,429 = 3,008 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{N_2} = 7,919 \cdot 1,251 = 9,907 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,184 \cdot 0,804 = 0,148 \text{ кг/м}^3 ,$$

где  $\gamma = 1,429; 1,251; 0,804$  – удельные веса  $O_2, N_2$  и  $H_2O$  кг/м

Весовой удельный расход при  $\alpha=1,05$

$$g_{O_2} = G \cdot V_{п.г}, \quad (26)$$

$$g_{O_2} = 3,008 \cdot 0,26 = 0,782 \text{ кг/кг}$$

$$g_{N_2} = 9,907 \cdot 0,26 = 2,576 \text{ кг/кг}$$

$$g_{H_2O} = 0,148 \cdot 0,26 = 0,038 \text{ кг/кг} ,$$

Общий удельный весовой расход воздуха при  $\alpha=1,05$

$$g_{в.л.в} = g_{O_2} + g_{N_2} + g_{H_2O} \quad (27)$$

$$g_{в.л.в} = 0,782 + 2,576 + 0,038 = 3,396 \text{ кг/кг}$$

Расход доломита

Содержание CaO доломита - 55%.

Содержание CaO в выпущенной шихте - 96%.

Расход доломита на выпущенную шихту:

$$G_{CaO} = \frac{100 \cdot 90}{55 \cdot 100} = 1,636 \text{ кг/кг}$$

В пересчете на 1 баз.кг. шихты:

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$G_{CaO} = \frac{1,636 \cdot 90}{96} = 1,534 \text{ кг/кг}$$

Пылеунос

Пыль, улавливается в пылевой камере - 0,2 т/ч

Циклоны - 0,420 т/ч

Пыль в электрофильтрах - 0,515 т/ч

В дымовую трубу - 0,065 т/ч

Суммарная величина пыли, осевшей в пылевой камере, циклонах, электрофильтрах, в котле-утилизаторе и дымовых трактах, и пыли, уносимой в трубу - 1,2 т/ч.

Согласно химическим анализам в пыли из ПК содержится 59,23% доломита и 41,77% обожженного доломита; в пыли из электрофильтров - 27,89% доломита и 72,11% обожженного доломита. Принимаем, что 50% пыли уносится в виде доломита и 50% в виде шихты. Из печи выносится 0,60 т/час шихты с содержанием доломита - 96% или:

$$G_{yH} = \frac{0,60 \cdot 96}{90} = 0,640 \text{ т/ч}$$

Удельный выход прокаленного уноса:

$$g_{ш}^{yH} = \frac{0,640}{8,85} = 0,072 \text{ кг/кг}$$

Удельный расход доломита на прокаленный унос:

$$g_{д}^{yH} = g_{ш}^{yH} \cdot G_{CaCO_2} \quad (28)$$

$$g_{д}^{yH} = 0,072 \cdot 1,534 = 0,110 \text{ кг/кг}$$

Суммарный расход доломита (без учета пыли, выносимой из течи подогревателя):

$$\Sigma g_{д}^{yH} = 1,534 + 0,110 = 1,32 \text{ кг/кг}$$



Пыль, выносимая из точки-подогревателя, не учитывается в балансе печи, однако её количество должно быть учтено при определении норм расхода сырья. Расход доломита на эту пыль составит 0,600 т/ч.

Удельный расход:

$$g_{\text{п}} = \frac{0,600}{8,85} = 0,068 \text{ кг/кг}$$

Суммарный расход сырья:

$$\sum G_{\text{сырья}} = 1,32 + 0,068 = 1,712 \text{ кг/кг}$$

Расходные статьи

Выход прокаленного уноса:

$$g_{\text{ун}} = \frac{G_{\text{ун}}}{P} \quad (29)$$

$$g_{\text{ун}} = \frac{0,640}{8,85} = 0,072$$

Выход отходящих газов из сырья:

$$g_{\text{CO}_2}^{\text{сырья}} = \sum g_{\text{д}}^{\text{ун}} - 1 - g_{\text{ун}} \quad (30)$$

Выход клинкера – 1 кг:

$$g_{\text{CO}_2}^{\text{сырья}} = 1,32 - 1 - 0,072 = 0,572 \text{ кг/кг}$$

Выход отходящих газов из топлива

Выход  $\text{CO}_2$ :

$$V_{\text{CO}_2}^{\Gamma} = 1,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{п.г}} \quad (31)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 1,01 \cdot 0,26 = 0,264 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,26 \cdot 1,96 = 0,51 \text{ кг/кг},$$

где  $\gamma = 1,96$  - удельный вес  $\text{CO}_2$ , кг/м<sup>3</sup>

Выход  $\text{N}_2$ :

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$V_{N_2}^r = V_{N_2} + 0,01 \cdot V_{п.г} \quad (32)$$

$$V_{N_2}^r = 7,919 + 0,01 \cdot 2,6 = 7,945 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{N_2} = 1,01 \cdot 0,26 = 0,264 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$g_{N_2} = 2,066 \cdot 1,25 = 2,583 \text{ кг/кг},$$

где  $\gamma = 1,25$  - удельный вес  $N_2$ , кг/м<sup>3</sup>.

Выход  $O_2$  при горении газов:

$$V_{O_2} = 2,105 - 2,005 = 0,100 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{O_2} = 0,100 \cdot 0,26 = 0,026 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$g_{O_2} = 0,026 \cdot 1,43 = 0,037 \text{ кг/кг}$$

где  $\gamma = 1,43$  - удельный вес  $O_2$ , кг/м<sup>3</sup>.

Выход водяных паров с продуктами горения топлива:

а) из природного

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2C_1H_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10}) \quad (33)$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot 94,16 + 3 \cdot 2,49 + 4 \cdot 0,38 + 5 \cdot 0,24) = 1,985 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = 1,985 \cdot 0,26 = 0,516 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$g_{H_2O} = 0,516 \cdot 0,804 = 0,415 \text{ м}^3/\text{кг}$$

где  $\gamma = 0,804$  - удельный вес водяных паров, кг/м<sup>3</sup>

б) из воздуха:

$$V_{H_2O} = 0,184 \cdot 0,26 = 0,048 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$g_{H_2O} = 0,048 \cdot 0,804 = 0,039 \text{ м}^3/\text{кг}$$

в) общий выход водяных паров:

$$V_{H_2O} = 0,516 + 0,048 = 0,564 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$g_{H_2O} = 0,415 + 0,039 = 0,454 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Суммарный выход отходящих газов из сырья:

$$\sum V_{отх.г.} = V_{CO_2}^{сырье} + V_{CO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} + V_{H_2O} \quad (34)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					61

$$\sum V_{\text{отх.г.}} = 0,292 + 0,264 + 2,066 + 0,026 + 0,564 = 3,212 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$\sum g_{\text{отх.г.}} = 0,572 + 0,51 + 2,583 + 0,037 + 0,454 = 4,156 \text{ кг/кг}$$

### 8.3 Тепловой баланс печи при работе на природном газе

Приход тепла

Тепловой баланс рассчитан на полное пространство печи

Химическое тепло топлива:

$$Q_1 = Q_{\text{н}}^{\text{P}} \cdot V_{\text{газа}}, \quad (35)$$

где  $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 8200$  - низшая теплота сгорания, ккал/м<sup>3</sup> ;

$V_{\text{газа}} = 0,26$  - удельный расход газа на 1 баз.кг. извести, м<sup>3</sup> /кг

$$Q_{1 \text{ п.г}} = 8200 \cdot 0,26 = 2132 \text{ ккал/кг}$$

Тепло вносимое воздухом, поступающего в печь на горение газов:

$$Q_2 = g_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} \quad (36)$$

При температуре воздуха  $t_{\text{в}} = 16$  °С и влажности 1,8% теплоемкость воздуха  $c_{\text{в}} = 0,31$  ккал/м<sup>3</sup> ·°С.

$$g_{\text{в}} = \frac{g_{\text{вл.в}}}{\gamma} \quad (37)$$

$$g_{\text{в}} = \frac{3,396}{1,293} = 2,626 \text{ м}^3/\text{кг}$$

где  $g_{\text{вл.в}}$  - общий удельный весовой расход воздуха;

$\gamma = 1,293$  - удельный вес воздуха, кг/м<sup>3</sup> .

$$Q_2 = 2,626 \cdot 0,31 \cdot 16 = 13,025 \text{ ккал/кг}$$

Расход тепла

В печах тепло расходуется на технологические процессы (полезные затраты тепла), но большая часть тепла теряется в окружающую среду и уносится из рабочего пространства с уходящими газами.

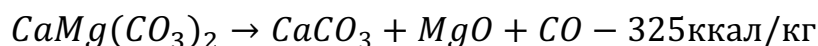
Расход тепла на частичную декарбонизацию шихты.

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

Из материального баланса декарбонизацию магниевой составляющей доломита проходит 20% от всей шихты. С учетом потери на пылеунос и потери при прокаливании количество шихты на 1,32 кг/кг.

$$1,32 \cdot 0,20 = 0,264$$

Диссоциация доломита проходит по реакции:



$$Q_3 = 325 \cdot 0,264 = 85,8 \text{ ккал/кг}$$

Потери тепла с шихтой, выходящей из рекуператора

$$Q_4 = c_{\text{ш}} \cdot t_{\text{ш}} \cdot m_{\text{ш}}, \quad (38)$$

где  $c_{\text{ш}} = 0,21$  - теплоемкость, ккал/кг · °С;

$t_{\text{ш}}$  - температура шихты, °С;

$m$  - количество шихты - 1 кг.

$$Q_4 = 0,21 \cdot 265 \cdot 1 = 56 \text{ ккал/кг}$$

Потери тепла с отходящими газами:

$$Q_5 = c_{\text{отх.г}} \cdot t_{\text{отх.г}} \cdot \Sigma V_{\text{отх.г}} \quad (39)$$

$$Q_5 = 0,401 \cdot 750 \cdot 2,810 = 84,51 \text{ ккал/кг}$$

Тепло, теряемое с отходящими газами таблица 11

Температура отходящих газов 750 °С

Таблица 11. Состав отходящих газов

Размерность	Состав газов				
	$V_{CO_2}$	$V_{N_2}$	$V_{O_2}$	$V_{H_2O}$	$\Sigma V_{\text{отх.г}}$
м <sup>3</sup> /кг	0,805	1,701	0,22	0,282	2,810
%%	28,65	60,53	0,78	10,04	100,0

Теплоёмкость газов при  $t_{\text{отх.г}} = 750$  °С:

$$C_{CO_2} = 0,5338 \text{ ккал/м}^3 \text{ °С}$$

$$C_{N_2} = 0,3352 \text{ ккал/м}^3 \text{ °С}$$

$$C_{O_2} = 0,3557 \text{ ккал/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{H_2O} = 0,4180 \text{ ккал/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя теплоемкость отходящих газов:

$$c_{\text{отх.г}} = \frac{C_{CO_2} \cdot V_{CO_2} + C_{N_2} \cdot V_{N_2} + C_{O_2} \cdot V_{O_2} + C_{H_2O} \cdot V_{H_2O}}{100} \quad (40)$$

$$c_{\text{отх.г}} = \frac{0,5338 \cdot 28,65 + 0,3352 \cdot 60,53 + 0,3557 \cdot 0,78 + 0,4180 \cdot 10,04}{100} \\ = 0,401 \text{ ккал/м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Предположим, что пыль в основном состоит из  $CaCO_3$

Потери тепла с пылью:

$$Q_6 = c_{CaCO_3} \cdot t_{\text{отх.г}} \cdot G_{\text{пыли}}^{\text{унос}} \quad (41)$$

где  $c_{CaCO_3} = 0,21$  - теплоемкость, ккал/кг  $^\circ\text{C}$  при  $t_{\text{отх.г}} = 750$   $^\circ\text{C}$ ;

$$G_{\text{пыли}}^{\text{унос}} = 0,072 \text{ кг/кг.}$$

$$Q_6 = 0,21 \cdot 750 \cdot 0,072 = 11,34 \text{ ккал/кг}$$

Составим сводную таблицу результатов расчетов теплового баланса печи на 1 базовый кг шихты для производительности 5 базовых тон шихты в час (таблица 12) [11].

Таблица 12. Тепловой баланс печи

Наименование статей	Ккал/кг
1	2
Химическое тепло топлива	2132
Тепло, вносимое воздухом, поступающее в печь на горение	13
Итого	2145
Расход	
Расход тепла на декарбонизацию доломита	85,8
Потери тепла с известью, выходящей из рекуператоров	11,34
Тепло, теряемое с отходящими газами	84,51
Итого	181,65

## 9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Проведем расчет затрат при выбранном способе производства и рассчитаем себестоимость продукции.

Таблица 13. Исходные данные

Вид изделия	Вяжущее из доломитов
Количество рабочих дней	356
Продолжительность смены, ч	8
Производительность в смену, т	40
Количество смен в сутки	3
Производство в сутки, т	120
Теплоноситель	Природный газ

Таблица 14. Стоимость энергоносителей и материалов

Наименование	Ед. изм.	Цена, руб. с НДС
Доломит Саткинского месторождения	т	1 200
Электроэнергия	кВт·ч	4,41
Природный газ	м <sup>3</sup>	7,50
Хлорид натрия	т	5 000

Таблица 15. Производственные фонды для вяжущего из доломитов

Наименование	Цена, руб. с НДС	Кол-во	Итого
Вращающаяся печь с холодильником	25 млн.	1	5 млн.
Шнековый питатель	88 тыс.	1	88 тыс.
Шаровая мельница сухого помола	1,4 млн.	2	2,8 млн.
Гранулятор тарельчатый	820 тыс.	1	820 тыс.
Вращающаяся печь	23 млн.	1	23 млн.
Колосниковый холодильник	17 млн.	1	17 млн.
Затариватель биг-бегов	144 тыс.	1	144 тыс.
Бункер для сырого доломита	70 тыс.	1	70 тыс.

## Окончание таблицы 15

Бункер добавки	70 тыс.	1	70 тыс.
Бункер для обожженного доломита	90 тыс.	1	90 тыс.
Бункер для вяжущего из доломитов	90 тыс.	1	90 тыс.
ИТОГО	---	---	46 972 000

Таблица 16. Потребление электроэнергии и природного газа

Электроэнергия	Мощность, кВт	Количество, шт	Общее	В смену, ч	Итого, в сут.	
					кВтч	руб.
Шнековый питатель	3,0	1	3,0	7	63	---
Шаровая мельница сухого помола	210	2	420	7	8820	---
Гранулятор тарельчатый	12,5	1	12,5	7	263	---
Вращающаяся печь	45	1	45	8	1080	---
Колосниковый холодильник	8,9	1	8,9	8	214	---
Затариватель биг-бегов	1,2	1	1,2	8	29	---
Освещение	0,1	30	3	8	72	---
ИТОГО, электроэнергия в сутки					10541	46485,81
Природный газ	м <sup>3</sup> /т	Количество, шт	Общее	В сутки, м <sup>3</sup>	В сутки, руб	
Вращающаяся печь	42,5	1	42,5	4887,5	16910,75	

Таблица 17. Затраты на сырьевые материалы

Наименование	Расход сырья на т готовой продукции, кг	Цена сырья, руб./т	Затраты на сырье, руб./т
Доломит	1200	1200	1440
Хлорид натрия	24	3000	72
Итого			1512

Таблица 18. Заработная плата

Персонал	Численность, чел	Отчисления на заработную плату в месяц, руб	Отчисления на заработную плату в год, руб
Административно-управляющий персонал	2	50 000	600 000
Рабочий персонал	14	224 000	2 688 000
Отчисления во внебюджетные фонды	34%		1 117 920
Итого			4 405 920

Таблица 19. Основные фонды

Стоимость ОПФ	46 972 000р.	обогрев происходит за счет теплопотерь
Амортизационные отчисления, в год	4 697 200р.	

Таблица 20. Расчет затрат на производство продукции

Вид затрат	Объем затрат, руб			
	в год	в месяц	в сутки	на 1 т
Сырье	64 592 640	5 382 720	181 440	1 512
Природный газ	6 020 227	501 685,6	16 910,75	140,92
Электроэнергия	16 548 949	1 379 079	46 485,81	387,38
Отчисления на амортизацию ОПФ	4 697 200	391 433	13 194,4	110
Оплата труда	4 405 920	367 160	12 376	103,13
Итого				2 253,43



## 10 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

### 10.1 Санитарно-гигиенические особенности производства

Производство магниезиальных вяжущих выбранным способом в закрытых промышленных помещениях отличается от высокомеханизированных промышленных предприятий по выпуску других видов, вяжущих целым рядом санитарно-гигиенических особенностей, требующих специфических подходов к решению возникающих проблем:

- выполнение работ на открытом воздухе в различных климатических условиях, затрудняющих создание и поддержание нормального микроклимата на рабочих местах;

- недостаточный уровень механизации и автоматизации производственных процессов, вызывающий необходимость затрат значительных физических условий и повышенного внимания к меняющейся производственной ситуации;

- необходимость совмещения профессий, близких по характеру труда.

В процессе труда на рабочих кратковременно или длительно воздействуют опасные и вредные факторы, результатом чего могут являться травмы и профессиональные заболевания.

Знание санитарно-гигиенических особенностей производства, а также опасных и вредных факторов, возникающих при выполнении отдельных технологических операций, позволит разработать и применить комплекс эффективных профилактических мероприятий, направленных на сохранение работоспособности и здоровья работников предприятия.

Правила техники безопасности направлены на предупреждение несчастных случаев и создание безопасных условий труда, поэтому выполнение их обязательно для всех работающих на заводе. Нарушение правил техники безопасности администрацией или работником завода влечет за собой взыскания согласно КЗОТ.

									Лист
									68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ

Каждый вновь поступивший работник на завод обязан получить вводный инструктаж у инженера по охране труда и технике безопасности, инструктаж на рабочем месте, который проводит мастер. При инструктаже на рабочем месте мастер обязан показать работнику его рабочее место и обратить внимание работника на опасные моменты на этом рабочем месте, дать индивидуальные средства защиты, необходимый исправный инструмент. Без проведения вышеуказанных инструктажей к работе приступать запрещается.

К работе допускаются лица: достигшие 18-ти летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование, прошедшие обучение и сдавшие экзамены по правилам охраны труда в заводской комиссии [14].

## 10.2 Опасные и вредные производственные факторы

Проведем анализ опасных и вредных факторов, действующих при производстве магнизиальных вяжущих.

К опасным производственным факторам согласно ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» относятся:

- Возможность возникновения термических ожогов от избыточного тепло- и влаговыделения при работе с вращающейся печью
- Возможность получения травм при работе с ручным инструментом
- Пожароопасность при работе электрооборудования.

К вредным производственным факторам по ГОСТ 12.0.003-74 при изготовлении вяжущих относятся:

- Неблагоприятные метеорологические условия;
- Загрязненность воздушной среды вредными веществами;
- Воздействие шума и вибрации;
- Недостаточная освещенность рабочего места [15].

								08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					69

### 10.3 Метеорологические условия производственной среды

Самочувствие и работоспособность человека зависят от метеорологических условий производственной среды, в которой он находится и выполняет трудовые процессы. Под метеорологическими условиями понимают несколько факторов, воздействующих на человека: температуру, влажность и скорость движения воздуха, а также тепловое излучение. Совокупность этих факторов называют производственным микроклиматом.

На производстве указанные факторы воздействуют на человека чаще всего суммарно, взаимно усиливая или ослабляя друг друга. Например, увеличение подвижности воздуха усиливает эффект пониженной температуры и, наоборот, ослабляет воздействие повышенной температуры на организм человека. Повышение влажности ухудшает самочувствие человека как при пониженной, так и при повышенной температуре. Таким образом, сочетание метеорологических параметров производственной среды может быть благоприятным и неблагоприятным для самочувствия человека.

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (СанПиН 2.2.4.548-96).[17] Этими документами установлены оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Температура нормального здорового человека поддерживается на уровне 36,5 - 37 °С независимо от метеорологических условий окружающей среды с помощью подсознательно действующего механизма терморегуляции. В случае повышения температуры воздуха человек начинает потеть, его потеря тепла увеличивается за счет испарения пота. Выделение тепла связано также с тяжестью выполняемой

							08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				70

работы. Все работы по степени тяжести делятся на три категории: легкая, средней тяжести и тяжелая.

Работы, выполняемые при производстве вяжущих, относятся к работам средней тяжести (категория Пб). Энергозатраты при этом составляют 233... 290 Дж/с (201...250 ккал/ч).

При перегреве организма увеличивается приток крови к периферийным кровеносным сосудам. В жарких условиях частота сердечных сокращении становится выше, учащаются дыхание и пульс, снижается кровяное давление, наблюдается покраснение кожного покрова. Температура кожи повышается, вследствие чего сильно увеличивается потеря тепла излучением.

В случае переохлаждения воздушной среды наблюдается обратное явление. Переохлаждение может принимать разные формы, воздействуя на тепловой баланс всего организма, вызывает снижение внутренней температуры тела, а также конечностей, кожи, легких. Чрезмерное охлаждение организма может привести к различным простудным заболеваниям.

Производство магнезиальных вяжущих на открытых полигонах отличается рядом характерных особенностей, заключающихся в том, что рабочим приходится работать как в условиях высоких, так и низких температур, а также при интенсивном воздействии отрицательных атмосферных явлений (ветер, дождь и т. п.) и солнечной радиации.

Защита рабочих от переохлаждения достигается путем обеспечения их теплой рабочей одеждой и обувью, установлением режима труда с периодическими перерывами для обогрева в специальных помещениях.

Согласно «Правилам техники безопасности и производственной санитарии в производстве магнезиальных вяжущих», при температуре наружного воздуха от 25 до 33 °С рекомендуется после каждых 45-50 минут работы 10-15 минут отдыха, а

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

при температуре 33 и выше в жаркое время суток делать разрыв смены на 4-5 часов. Температура воздуха в помещениях для отдыха не должна превышать 28 °С.

Максимальная температура поверхности производственных источников тепла по ГОСТ 12.1.005-88 [16] «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» не должна превышать 45°С.

Влажность воздуха в значительной мере влияет на самочувствие человека и его работоспособность. При слишком низкой влажности (менее 20 %) организм человека расслабляется, результатом чего является снижение трудоспособности.

Очень высокая влажность (более 80 %) нарушает процесс терморегуляции. Выделяющийся пот не испаряется, а лишь стекает по поверхности тела и не отнимает от него излишнего тепла. В особенности неблагоприятно сочетание высокой влажности с высокой температурой при выполнении человеком тяжелой работы.

Оптимальная относительная влажность, установленная ГОСТ 12.1.005-88 [16], составляет 40...60 %. Допустимая величина относительной влажности может быть до 75 % в зависимости от сочетания температуры воздуха со скоростью его движения в помещении.

При температуре воздуха 25 °С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со следующими требованиями: при температуре воздуха 25 °С величина относительной влажности не должна превышать 70%, при 26 °С - 65%, при 27 °С - 60%, при 28 °С - 55%.

Длительное воздействие влаги в сочетании с низкими температурами может привести к такому заболеванию, как туберкулез легких. При значительном содержании влаги и высокой температуре воздуха возникает головокружение, тошнота, тепловые удары с потерей сознания.

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Слишком низкая скорость воздуха (менее 0,2 м/с) неблагоприятно влияет на самочувствие человека, в особенности при выполнении однообразной монотонной работы. Человек в этом случае быстро утомляется и заметно теряет трудоспособность. Чрезмерно высокая подвижность охлажденного воздуха в жарких помещениях может вызвать резкие перепады температуры, сопровождающиеся простудными заболеваниями работающих.

#### 10.4 Вредные вещества

Атмосферный воздух в производственных условиях может изменять свой состав, загрязняясь примесями вредных веществ: газов, паров, пыли, образующихся при выполнении технологических операций.

Попадая в организм человека при дыхании, а также через кожу или пищевод, такие вещества могут оказать вредное воздействие на здоровье человека, результатом чего может стать появление острых либо хронических заболеваний.

Во вдыхаемом человеком воздухе могут содержаться частицы пыли размером до 20 мкм. В верхних отделах дыхательных путей задерживаются частицы размером 10...20 мкм. В альвеолах легких в основном задерживаются частицы размером до 5 мкм.

Вредное воздействие пыли на организм человека зависит от количества вдыхаемой пыли, степени ее дисперсности, от формы частиц пыли, от ее химического состава и растворимости.

Обеспечить полное отсутствие вредных веществ в воздухе рабочей зоны на промышленных предприятиях представляется нереальной задачей. Достижение подобного результата потребовало бы больших материальных затрат, вызванных трудностями технической реализации этого требования. В связи с этим большое значение приобретает необходимость обоснования безвредных для человеческого

организма концентраций вредных веществ и разработки методов и средств контроля их содержания в воздухе рабочей зоны [18].

#### 10.5 Производственное освещение

Свет имеет исключительно важное значение для человека, поскольку обеспечивает зрительное восприятие человеком окружающей среды. Он позволяет оценить форму, цвет и перспективу предметов, окружающих. Качество зрительной информации во многом определяется условиями зрительной работы.

Назначение производственного освещения - обеспечение нормальных зрительных условий для выполнения соответствующего вида работ в производственном помещении. Неудовлетворительная организация системы производственного освещения может привести к появлению ошибок, допущенных при выполнении порученных операций работником, а также несчастных случаев, связанных с трудностями в распознавании тех или иных предметов или определения степени опасности, связанной с обслуживанием оборудования. При неудовлетворительной освещенности ухудшаются условия для осуществления зрительных функций жизнедеятельности организма: появляются утомление, глазные болезни, головные боли.

Для поддержания необходимого уровня освещенности в темное время суток используются прожекторы ПЗС-45 с лампами ДРЛ-700, установленные на высоте 10 м [19].

#### 10.6 Шум и вибрация

В настоящее время шум становится одним из наиболее распространенных социально-гигиенических факторов производственной среды в связи с интенсификацией и механизацией производственных процессов. Воздействие шума на организм может проявляться как в виде специфического поражения органа слуха, так и нарушений со стороны многих органов и систем. Адаптацией к шуму

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ				

принято считать случаи временного снижения слуха не более чем на 10...15 дБ с восстановлением его в течение 3 мин после прекращения звукового воздействия. Длительное воздействие интенсивного шума может привести к раздражению клеток звукового анализатора, его переутомлению, а затем к стойкому снижению слуха.

Особенности воздействия производственной вибрации определяются частотным спектром и расположением его в пределах составляющих с максимальным уровнем энергии колебания. Ручные машины, вибрация которых имеет максимальные уровни энергии в полосах низких частот (до 35 Гц), вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно-мышечного, опорно-двигательного аппаратов. При работе с ручными машинами, вибрация которых имеет максимальные уровни энергии в высокочастотной области спектра (свыше 125 Гц), возникают сосудистые расстройства.

В соответствии с рекомендациями к разработке положения о режиме труда работников виброопасных профессий общее время контакта с вибрирующими машинами, вибрация которых соответствует санитарной норме, на протяжении смены не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня. Операции должны распределяться между работниками так, чтобы продолжительность непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, не превышала 15-20 минут. Рекомендуются при этом два регламентированных перерыва для активного отдыха.

Режим труда должен устанавливаться при показателе превышении вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза).

При показателе превышения более 12 дБ (в 4 раза) запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию.

К работе с вибрирующими машинами и оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет, получившие соответствующую квалификацию и сдавшие

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



технический минимум по правилам безопасности выполнения работ. При Приеме на работу они должны проходить предварительный медицинский осмотр, а в процессе работы периодические осмотры не реже 1 раза в.

Работа с вибрирующим оборудованием, как правило, должна проводиться в отапливаемых помещениях с температурой воздуха не менее 16°C при влажности 40...60% и скорости его движения не более 0,3 м/с. При невозможности создания подобных условий (работа на открытом воздухе, подземные работы и т. п.) для периодического обогрева должны быть предусмотрены специальные отапливаемые помещения с температурой воздуха не менее 22°C, относительной влажностью 40...60% и скоростью движения воздуха 0,3 м/с.

В качестве индивидуальных средств защиты от вибрации применяются гасящие вибрацию рукавицы и специальная обувь с применением упруго-демпфирующих материалов согласно ГОСТ 12.4.011-89 [20].

#### 10.7 Электробезопасность

Электротравмы составляют около 1 % от общего числа травм на производстве и 20...30 % от числа смертельных несчастных случаев. При этом большинство (до 80 %) смертельных несчастных случаев происходит на электроустановках напряжением до 1000 В, которые в основном и применяются в строительстве. Предупреждение электротравм является важной задачей охраны труда, которая на производстве реализуется в виде системы организационных и технических мероприятий, обеспечивающих защиту людей от поражения электрическим током.

Опасность эксплуатации электроустановок определяется тем, что токоведущие проводники или корпуса машин, оказавшиеся под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают сигналов опасности, на которые реагирует человек. Реакция на электрический ток возникает лишь после его прохождения через ткани человека. В этих случаях возникают судороги мышц или остановка дыхания и сердца, что не позволяет человеку самостоятельно освободиться от

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

контакта с установкой (или проводами), находящейся под напряжением. Степень поражения человека зависит от рода и величины напряжения и тока; частоты электрического тока; пути тока через человека, продолжительности действия тока; условий внешней среды.

Как показывает практика, спасение человека возможно, если время, в течение которого человек находится под действием электрического тока, не превышает 4...5 мин.

Оказывающий помощь должен знать: основные признаки нарушения жизненно важных функций организма; общие принципы оказания первой медицинской помощи; основные способы переноски пострадавших.[25]

### 10.8 Пожарная безопасность

На предприятиях по производству строительных материалов, изделий и конструкций должны соблюдаться положения следующих нормативных документов:

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения и здания разделяются на категории А, Б, В, Г и Д в зависимости от размещенных в них технологических процессов и свойств находящихся веществ и материалов.

Опасными факторами, воздействующими на рабочих в случае пожара, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок,

					08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

конструкций;

- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов.

Чтобы уменьшить вероятность возникновения и распространения пожара, теплоизоляцию камеры стенда, предложенную в данном проекте, предлагается обшить снаружи металлическим листом.

Противопожарная защита при производстве магниевых вяжущих достигается применением средств пожаротушения (огнетушители ПСБ-3, пожарные гидранты, ящики с песком) и соответствующих видов пожарной техники, а также устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара (огнетушители типа ОХП-10) [23].

#### 10.9 Правила техники безопасности при работе с грузоподъемными машинами

Подъемно-транспортное оборудование должно быть в состоянии, исключающем его самопроизвольное перемещение. Все подъемно-транспортные мероприятия должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.020-80 «Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности» [24].

Подъемно-транспортные операции осуществляются козловыми кранами.

Перед пуском крана после капитального ремонта или перед пуском после монтажа необходимо иметь специальное разрешение на ввод в эксплуатацию от Госгортехнадзора. Краны должны быть зарегистрированы в Госгортехнадзоре. Освидетельствование кранов производится один раз в год. Краны подвергаются испытанию статической и динамической нагрузкой. К работе на кране допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж и имеющие удостоверение на допуск к работе. Эти же требования относятся и к строповщикам.

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ					

Съемные захватные механизмы, приспособления и тара должны соответствовать требованиям ГОСТ 25573-82[26] и ГОСТ 19822-88 и проходить периодические осмотры в следующие сроки:

- стропы-каждые 10 дней;
- траверсы, тара - каждый месяц.

При погрузочно-разгрузочных операциях запрещается во всех случаях находиться под грузом в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.009-76 «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности».

Грузовые крюки кранов снабжены предохранительным замком, предотвращающим самопроизвольное выпадение съемного грузозахватного приспособления. Съемные грузозахватные приспособления снабжаются клеймом или прочно прикрепленной металлической биркой с указанием номера, грузоподъемности и даты испытания.

На таре указано ее назначение, номер, собственный вес и наибольший вес груза, для транспортировки которого она предназначена. Не допускается нахождение в местах производства работ немаркированной и поврежденной тары.

					<i>08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учеб. для вузов / Л.М. Сулименко - 4 - е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005. - 334 с.
2. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. - Стройиздат, 1989. - 186 с.
3. Крамар, Л.Я. Методы исследований строительных материалов: методические указания к лабораторным работам / Л.Я. Крамар, А.А. Орлов. - Челябинск: Изд - во Издательский центр, 2015. - 21 с.
4. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. - М., Госстрой России, 2000. - 67с. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
5. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. - М.: Изд - во стандартов, 2012.
6. Погорелов С.Н. Организация предприятий строительной индустрии: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов. / М.Д Бутакова // ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. - 2002.
7. Кузнецов, А.М. Технология вяжущих веществ и изделий из них: учебник для студентов вузов / А.М. Кузнецов - М.: Изд - во Высшая школа, 1963. - 456 с.
8. ГОСТ 2.755-87 Единая система конструкторской документации (ЕСКД) . - М.: Изд-во стандартов, 1973.
9. ГОСТ 2.781-96 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). . - М.: Изд-во стандартов, 1973.
10. ГОСТ 12.2.003 - 91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности. - М.: Изд - во стандартов, 2012.
11. Черных, Т.Н. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных изделий: учеб, пособие к курсовому проекту/Т.Н. Черных, С.В. Нуждин. - Челябинск: Издательство филиала ЮУрГУ г. Сатка, 2007 - 75с.

						08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			80

12. Бутакова, М.Д. Учебное пособие к практике по механическому оборудованию/ М.Д. Бутакова. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 51с.17, №3.
13. Бутакова, М.Д. Учебное пособие к практике по механическому оборудованию/ М.Д. Бутакова. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 51с.
14. Сагдатуллин, Д.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов / Д.Г.Сагдатуллин, Н.Н. Морозова, В.Г. Хозин // Известия КазГАСУ. 2009. № 2. – С. 263 – 268
15. ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
16. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
17. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
18. Система стандартов безопасности труда
19. ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
21. ГОСТ 12.1.003 – 83 Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
22. ГОСТ 12.1.1.030 – 81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
23. ГОСТ 12.1.004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд - во стандартов, 2012.
24. ГОСТ 12.3.020-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

						08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			81

25. ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

26. ГОСТ 25573-82. Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

27. ГОСТ 19822-88. Тара производственная. Технические условия. – М.: Изд - во стандартов, 2012.


									Лист
									82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ				

## АННОТАЦИЯ

Авоян С.Ф. Проектирование цеха по производству  
магнезиальных вяжущих веществ: ЮУрГУ (НИУ), АС;  
2020, 85 с., 32 ил., 19 табл., библиогр. список - 27 наим.,  
7 плакатов ф. А1.

В работе рассмотрено проектирование цеха по производству магнезиальных вяжущих веществ. Разработан цех по производству магнезиального вяжущего, разработан генеральный план территории завода, подобрано требуемое оборудование, выполнен расчет уровней автоматизации и механизации производства, организован режим работы предприятия, выполнена организация производства, выполнен расчет потребления газа, а также экономической эффективности исходя из полученных данных.

При выполнении работы использованы пакеты Microsoft Office, AutoCAD.

					<i>08.03.01.2020.065.00.00.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Авоян С.Ф.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Зимич В.В.			4	85	
Реценз.					ЮУрГУ Кафедра СМиИ		
Н. Контр.		Черных Т.Н.					
Утверд.		Орлов А.А.					
<i>Проектирование цеха по производству магнезиальных вяжущих веществ</i>							